

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS CIVILES**

TEMA:

**DISEÑO DEL COLECTOR COMBINADO EN EL MARGEN IZQUIERDO DE LA
QUEBRADA CALIHUAYCU PARA LA PARROQUIA PINTAG, CANTÓN QUITO,
PROVINCIA DE PICHINCHA-ECUADOR.**

AUTORES:

CRISTIAN JONATHAN CASTILLO ROMÁN

EDWIN NORMAN ULLAGUARI ARMIJOS

TUTOR:

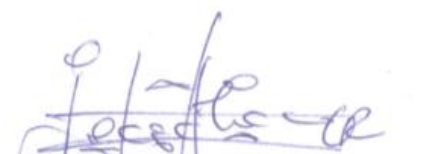
VERÓNICA VALERIA YÉPEZ MARTÍNEZ

Quito, septiembre del 2018


CESIÓN DE DERECHOS DE LOS AUTORES

Nosotros, Cristian Jonathan Castillo Román con documento de identificación N°1718473711 y, Edwin Norman Ullaguari Armijos con documento de identificación N°0705379360, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: Diseño del Colector combinado en el margen izquierdo de la quebrada Calihuaycu para la parroquia Pintag, Cantón Quito, Provincia de Pichincha-Ecuador, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....
Castillo Román Cristian Jonathan
1718473711



.....
Ullaguari Armijos Edwin Norman
0705379360

Quito, septiembre del 2018

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, Diseño del Colector combinado en el margen izquierdo de la quebrada Calihuaycu para la parroquia Pintag, Cantón Quito, Provincia de Pichincha-Ecuador. Realizado por los estudiantes: Cristian Jonathan Castillo Román y Edwin Norman Ullaguari Armijos, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre del 2018



Verónica Valeria Yépez Martínez
1711285591

DEDICATORIA

A Esperanza Román y a Pedro Castillo que me han dedicado la vida y no han dejado de creer en mí durante este proceso les dedico este trabajo de titulación con todo mi amor.

A Andrea Castillo por ser también mi mamá y por todas las veces que me ha salvado y a Jimmy Castillo por llevarme con él cuando niño, por enseñarme a volar cometas y por siempre reírse conmigo.

DEDICATORIA

Dedico con mucho amor a mis padres Enrique Ullaguari y Carmen Armijos por ser las personas más importantes en mi vida quienes me guiaron, apoyaron, estuvieron pendientes de mí en todo momento y me enseñaron a valorar cada esfuerzo y sacrificio presentado durante toda mi formación, este logro es para ustedes.

A mis hermanos Mayra, Henry, Marisela y Cristhian quienes siempre estuvieron a mi lado apoyándome, cuidándome, aconsejándome día a día, para salir adelante.

Al amor y compañera de vida Mayra Samaniego gracias por ser incondicional conmigo y apoyarme en todo momento logrando esta meta y por cumplir muchas más juntos.

A mi amigo Cristian por el esfuerzo y dedicación para lograr esta meta tan anhelada

A mis amigos Vanessa, Daniel y Orlando gracias por el apoyo y todas las experiencias vividas a lo largo de la carrera.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todas las personas que han sido apoyo durante este largo proceso inicial de mi formación profesional, a quienes han sido puntales importantes para poder seguir sin descanso y con mucha fuerza. Las mismas que han sido fuente de alegría y de buenos momentos y de seguro hicieron que esté escribiendo estas palabras, a Edwin, Orlando, Don Gualán, Edison, Carolina, Moisés y Karen. Que también son familia y alguien con quien contar. A profesionales que he estado observando y que me hacen querer ser como ellos por su dedicación y su apoyo desinteresado en mi formación, al Ing. Oswaldo Román, Ing. Iván Calero, Ing. Mentor Torres, Ing. Gabriela Soria, Ing. Danny Yáñez, A nuestra tutora Ing. Verónica Yépez por su guía y dedicación en el presente proyecto. Al Ing. Luis Barros, a la Ing. Diana Quintana y al Ing. Quevedo por su ayuda incondicional, precisa, desinteresada como cotutores del presente trabajo de titulación A Teresa que hemos coincidido alguna vez para ayudarnos a levantar y a seguir peleando, a querer llegar más allá, a mirar la vida de manera más graciosa, pintoresca y lúdica. A mi amigo Blady, que siempre ha dicho que está orgulloso de mi, así no tenga motivos para estarlo, por su apoyo y compañía le agradezco mucho. A Dolores Gómez y a su familia porque me he sentido muy importante en sus vidas. A George, Andrés y Adrián Morales, a Cristina Carvajal y Juan David Castillo. Sin ustedes no lo hubiese logrado. A mi amigo Edwin Ullaguari por el esfuerzo dedicado al presente proyecto, por el tiempo y la amistad.

Cristian Castillo Román

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mi familia por estar pendiente de mí en todo mi proceso de formación como profesional, las cuales sé que estarán orgullosos por este logro alcanzado.

A todos los ingenieros de la carrera de ingeniería Civil que con su experiencia y conocimiento que me supieron impartir poder defenderme en la vida profesional.

A nuestra tutora Verónica Yépez por su tiempo guía y dedicación hacia nuestro proyecto

Al Ing. Luis Barros y a la Ing. Diana Quintana como cotutores que gracias por su ayuda incondicional nos permitió llevar a cabo este proyecto

A mi amigo de tesis Cristian Castillo por su entrega esfuerzo y conocimiento para poder alcanzar nuestro trabajo de titulación.

Ing. Edison Quevedo por el apoyo brindado y hacer que nuestro sueño pueda hacerse realidad.

Ullaguari Armijos Edwin Norman

ÍNDICE

Capítulo 1	1
1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos	1
1.2.1 Objetivo general.	1
1.2.2 Objetivos específicos.	1
1.2.3 Alcance.....	2
1.2.4 Recopilación y análisis de la información.	2
1.3 Antecedentes	3
1.4 Línea Base	3
1.4.1 Ubicación geográfica.	3
1.4.2 Área de estudio.	4
1.4.3 Distribución general de uso del suelo.	5
1.4.4 Tipo de suelo.	6
1.4.5 Topografía y relieve.....	6
1.4.6 Infraestructura y servicios.	7
1.5 Aspectos naturales	8
1.5.1 Características climáticas.	8
1.5.2 Recursos hídricos.....	9
2. Capítulo II.....	11
Bases de diseño	11
2.1 Parámetros de diseño	11
2.1.1 Consideraciones para el diseño.	11

2.1.2 Periodo de diseño.....	14
2.1.3 Análisis poblacional.....	15
2.1.4 Áreas de aportación.	17
2.1.5 Dotación.	18
2.1.6 Caudal sanitario de diseño.	19
2.1.7 Caudal industrial.....	21
2.1.8 Caudal de infiltración.....	21
2.1.9 Caudal pluvial de diseño.	23
3. Capitulo III.....	29
Cálculos y diseño	29
3.1 Sistema de coordenadas.....	29
3.2 Descripción del tramo de colector.....	29
3.2.1 Pasos elevados.	31
3.2.2 Túnel.	34
3.3 Consideraciones de diseño.....	35
3.3.1 Velocidad máxima, mínima y de autolimpieza.	36
3.3.2 Pendiente y ubicación.	36
3.4 Diseño hidráulico del colector	36
3.5 Dimensionamiento de la sección y profundidad de los conductos.....	38
3.5.1 Procedimiento de cálculo de alcantarillado sanitario y pluvial.	39
3.6 Diseño de estructuras hidráulicas.	53
3.6.1 Cargas y estados de cargas.....	53
3.6.2 Diseño hidráulico y estructural de pozos de salto.	65
3.6.3 Diseño estructural de pozos de revisión.....	73
3.6.4 Diseño de pasos elevados.....	73

3.6.5 Diseño estructural del colector combinado.	80
3.6.6 Diseño de derivadores de caudal.	86
3.6.7 Diseño de la descarga de los derivadores de caudal.	89
3.7 Cimentación y túnel.....	94
3.7.1 Tipo de cimentación para pasos elevados.	94
3.7.2 Sostenimiento del Túnel.....	96
3.8 Disposición del caudal de descarga:.....	113
3.8.1 Planta de tratamiento de aguas residuales al final del colector.	113
4. Capítulo IV	129
4.1 Antecedentes:	129
4.2 Alcance	129
4.3 Descripción general del área de estudio.	129
4.4 Área de influencia	130
4.5 Población	130
4.6 Descripción biofísica	130
4.6.1 Ecosistemas frágiles, servicios ambientales y territorios bajo conservación.	131
4.6.2 Amenazas y vulnerabilidad.	132
4.7 Aspectos socioeconómicos	133
4.7.1 Escolaridad.	133
4.7.2 Salud.	133
4.7.3 Indicadores de pobreza.	134
4.7.4 Población económicamente activa.....	134
4.8 Aspectos legales	136
4.9 Unidades que conforman el proyecto	140
4.10 Proceso constructivo.....	141
4.11 Identificación y evaluación de impactos ambientales	142
4.12 Plan de manejo ambiental	144
5. Capítulo V.....	150

5.1 Presupuestos y cronogramas	150
6. Capítulo VI	174
6.1 Viabilidad económica y financiera.....	174
6.1.1 Identificación, cuantificación y valoración de los ingresos beneficios y costos de inversión, operación, y mantenimiento.....	174
6.1.2 Beneficios del proyecto.....	175
6.1.3 Inversión.....	176
6.2 Flujos financieros económicos.....	179
6.2.1 Indicadores económicos.....	184
7. Capítulo VII.....	185
7.1 Conclusiones	185
7.2 Recomendaciones.....	186
7.3 Bibliografía	188
7.3.1 Bibliografía.....	188

Índice de tablas

Tabla 1 Uso de suelos Pintag.....	6
Tabla 2 Clasificación Taxonómica de los suelos	6
Tabla 3 Clasificación de las pendientes	7
Tabla 4 Pendientes parroquia Pintag.....	7
Tabla 5 Tipos de clima.	8
Tabla 6 Temperatura de la parroquia Pintag	8
Tabla 7 Rangos de precipitación.....	9
Tabla 8 Cursos de agua.	10
Tabla 9 Sistema hídrico de la quebrada Calihuyacu.....	10
Tabla 10 Profundidad mínima de tuberías	11
Tabla 11 Velocidad Máxima	13
Tabla 12 Material para la tubería	14
Tabla 13 Datos censales 2010.....	15
Tabla 14 Población Futura.....	16
Tabla 15 Densidad Poblacional	17
Tabla 16 Dotaciones Plan Maestro de Agua Potable.....	19
Tabla 17 Coeficiente de Retorno Caudal Sanitario.....	21
Tabla 18 Coeficientes caudal de infiltración	22
Tabla 19 Coeficientes de mayoración k.	23
Tabla 20 Periodos de retorno.....	24
Tabla 21 Estación "La Tola" Información.....	24

Tabla 22 Duración de la lluvia vs intensidad y TR Elaborado por Autores.....	25
Tabla 23 Coeficientes de escorrentía, área rural.....	27
Tabla 24 Coeficientes de escorrentía área urbana.....	27
Tabla 25 Pasos elevados del colector combinado.....	31
Tabla 26 Caudal por aporte de microcuencas.....	37
Tabla 27 Secciones de las tuberías.....	38
Tabla 28 Pozos de salto.....	39
Tabla 29 Datos para el cálculo.....	39
Tabla 30 Resultados hoja de cálculo PZ1-PZ6.....	52
Tabla 31 Resultados SEWERCAD PZ1-PZ6.....	52
Tabla 32 Coeficiente de amplificación del suelo Fa.....	61
Tabla 33 Valores del coeficiente Fd.....	61
Tabla 34 Valores del coeficiente Fs.....	62
Tabla 35 Factor de importancia.....	63
Tabla 36 Factor z para el área de estudio.....	63
Tabla 37 Valores recomendados de R según AASHTO-LRFD 93.....	64
Tabla 38 Dimensiones hidráulicas de los pozos de salto.....	67
Tabla 39 Tipos de pozos en el sistema.....	73
Tabla 40 Presiones en el colector tipo cajón.....	83
Tabla 41 Caudales de diseño para derivadores de caudal.....	87
Tabla 42 Cálculos derivador tramo PZ61-PZ62.....	89
Tabla 43 Cálculos derivador P112-PTAR.....	89
Tabla 44 Características para diseñar las descargas.....	90
Tabla 45 Resultados de cálculo zapatas.....	96
Tabla 46 Resultados del estudio geotécnico.....	98

Tabla 47 Resultados sondeo PZ 77	99
Tabla 48 Resultados sondeo PZ 78	99
Tabla 49 Clasificación del terreno Jiménez Salas.....	107
Tabla 50 Datos estimativos	108
Tabla 51 Límites de descarga en el sistema de alcantarillado público.	115
Tabla 52 Datos de ingreso para el diseño.....	121
Tabla 53 Diseño del canal de distribución	122
Tabla 54 Características de rejillas de barras	123
Tabla 55 Diseño de las rejillas.....	123
Tabla 56 Diseño del desarenador.....	124
Tabla 57 Volumen del reactor	125
Tabla 58 Parámetro de diseño de filtros anaerobios.	126
Tabla 59 Diseño del filtro anaerobio.....	126
Tabla 60 Rendimiento de eliminación	127
Tabla 61 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	128
Tabla 62 Áreas protegidas Pintag	131
Tabla 63 Amenazas Pintag	132
Tabla 64 Escolaridad en Pintag.....	133
Tabla 65 Centros de salud Pintag.....	133
Tabla 66 Indicadores de pobreza Pintag	134
Tabla 67 PEA Pintag.....	134
Tabla 68 PEA por actividad.....	134
Tabla 69 PEA por ocupación.	135
Tabla 70 Proceso constructivo.....	141
Tabla 71 Identificación de impactos	143

Tabla 72 Ingresos del proyecto por pago de servicios	174
Tabla 73 Ingresos del proyecto por ahorro en salud.	175
Tabla 74 Recursos materiales para O&M	177
Tabla 75 Recursos materiales para O&M	178
Tabla 76 Costos de operación y mantenimiento	178
Tabla 77 Flujo de caja del proyecto	180
Tabla 78 Indicadores económicos del proyecto.....	184

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	4
Ilustración 2 Área de estudio	5
Ilustración 3 Curvas IDF de la estación "La Tola"	26
Ilustración 4 Túnel, paso elevado, derivador de caudal y pozos especiales.	30
Ilustración 5 Paso elevado 1	32
Ilustración 6 Paso elevado 2 y 3	33
Ilustración 7 Perfil transversal del túnel.	34
Ilustración 8 Perfil Longitudinal del Túnel.	35
Ilustración 9 Sección típica del colector.....	54
Ilustración 10 Diagramas de presión en el colector.	55
Ilustración 11 Diagrama de presión lateral en pozos.	55
Ilustración 12 Presión hidrostática dentro del colector.	57
Ilustración 13 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.	60
Ilustración 14 Pozo de Salto	66
Ilustración 15 Esquema de dissipador de pantalla de choque.	68
Ilustración 16 Diseño del ancho del pozo de salto.....	69

Ilustración 17 Modelo SAP-2000 v8.....	70
Ilustración 18 Esfuerzos Máximos (T/m ²).....	71
Ilustración 19 Armadura en el eje longitudinal cm ² /cm.....	72
Ilustración 20 Armadura en el eje transversal cm ² /cm.....	72
Ilustración 21 Vista isométrica del paso elevado.....	78
Ilustración 22 Resultados Mmax PE1	79
Ilustración 23 Resultados SAP V6.....	79
Ilustración 24 Deformaciones SAP v6	80
Ilustración 25 Resultados del sondeo 9 del estudio geotécnico mencionado.	81
Ilustración 26 Sondeo 9.....	82
Ilustración 27 Diagrama de presiones laterales y verticales en el colector	84
Ilustración 28 Modelo Colector.	84
Ilustración 29 Esfuerzos en el colector. (T/m ²).....	85
Ilustración 30 Acero de refuerzo longitudinal.....	85
Ilustración 31 Sección Transversal de colector armado.....	86
Ilustración 32 Vista planta del vertedero lateral.	88
Ilustración 33 Corte a-a.....	88
Ilustración 34 Dimensiones de muro	91
Ilustración 35 Resultados de cálculo de armadura en el muro	92
Ilustración 36 Resultados descarga PZ 112.....	93
Ilustración 37 Cimentación tipo.....	95
Ilustración 38 Monograma G/q vs x/a.....	101
Ilustración 39 Sección típica del túnel	101
Ilustración 40 Esquema de rotura local.	103
Ilustración 41 Valores del coeficiente de Protodyakonov f	105

Ilustración 42 Tipo y método de excavación.....	108
Ilustración 43 Modelo 3D SAP 2000 v8	109
Ilustración 44 Fuerzas Axiales en la cercha.	110
Ilustración 45 Resultados de momento en una barra.	110
Ilustración 46 Comprobación de diseño (AISC-LRFD)	111
Ilustración 47 Resultados SAP2000 v8. montante de la cercha	112
Ilustración 48 Toma de muestras	116
Ilustración 49 Resultados de laboratorio aguas residuales	117

Índice de anexos

Anexo 1 mapa de uso de suelo

Anexo 2 mapa de tipo de suelo

Anexo 3 mapa de tipos de clima Pintag.

Anexo 4 mapa de isotermas

Anexo 5. Mapa de isoyetas

Anexo 6 microcuencas del cantón Pintag

Anexo 7 área de influencia y áreas de aportación del proyecto

Anexo 8 ocupación y uso de suelo en el área de influencia)

Anexo 9 Red hídrica

Anexo 10 coordenadas de los pozos

Anexo 11 hoja de cálculo de caudales de aporte.

Anexo 12 diseño hidráulico del colector.

Anexo 13 planos de diseño de colector, pozos de salto y pozos de revisión, derivadores de caudal y descarga

Anexo 14 cálculo de los pasos elevados

Anexo 15 planos de pasos elevados.

Anexo 16 planos túnel, cálculos y resultados

Anexo 17 mapa geológico de la parroquia Pintag

Anexo 18 datos sondeos para pasos elevados

Anexo 19 cálculos de diseño de cimentación

Anexo 20 cálculos de estructuras de descarga

Resumen

El presente trabajo de titulación está direccionado al dimensionamiento hidráulico y estructural de un colector combinado en el margen izquierdo de la quebrada Calihuaycu para la parroquia Pintag. Analizando las características físicas, topográficas y geotécnicas del sitio. También el dimensionamiento de estructuras hidráulicas que lo componen, tales como: pozos de revisión, pozos de salto, pasos elevados con su cimentación, un túnel, derivadores de caudal con su respectiva descarga y al final del recorrido del colector se plantea su posible disposición del caudal sanitario a una red existente o a su vez el dimensionamiento hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales.

El dimensionamiento hidráulico y estructural del colector y sus componentes se los realizó mediante métodos actualizados y apegados a la normativa vigente, para después realizar una comprobación en programas especializados para cada eje de diseño.

Se incluye en el presente trabajo cual es la afectación al medio ambiente con la construcción de un colector combinado y el valor de la remediación ambiental durante su ejecución. Así como los costos de la obra civil y el tiempo de su ejecución.

Mediante el análisis económico financiero se ha determinado si el proyecto es rentable en el tiempo o no, evaluando los indicadores económicos que justificarán la ejecución de este.

Abstract

This project is directed to the hydraulic and structural sizing of a combined collector on the left margin of the Calihuaycu creek for the Pintag parish. Analyzing the physical, topographic and geotechnical characteristics of the site. Also, the dimensioning of hydraulic structures that compose it, such as: inspection wells, jump wells, overpasses with their foundations, a tunnel, flow diversifiers with their respective discharge and at the end of the collector's route their possible disposal of the sanitary flow to an existing network or in turn the hydraulic dimensioning of a wastewater treatment plant.

The hydraulic and structural dimensioning of the collector and its components have been calculated out using updated methods and adhering to current regulations, and then performing a check on specialized software for each design axis.

Included in the present work is the impact on the environment with the construction of a combined collector and the value of environmental remediation during its execution. As well as the costs of the civil work and the time it would be built.

Through financial economic analysis, it has been determined whether the project is profitable over time or not, evaluating the economic indicators that will justify the execution of this

Capítulo 1

Antecedentes y generalidades

1.1 Introducción

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo, analizar, estudiar y diseñar un colector combinado en el margen izquierdo de la quebrada Calihuaycu para la parroquia Pintag, cantón Quito, provincia de Pichincha-Ecuador. El mismo que será orientado en tres ejes: hidráulico, estructural y geotécnico tanto del colector como sus pasos elevados, túnel, pozos especiales y descarga.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Pintag en el año 2015 menciona que únicamente el 40.86% de la población está conectada a una red pública, mientras que el porcentaje restante 59.14% no cuentan con el servicio, se conectan a pozos ciegos, letrinas o realizan la descarga directamente al río o quebrada. Por otro lado, la red de alcantarillado también descarga sus caudales directamente hacia las quebradas, generando contaminación y malestar en la población de la parte baja por no contar con un sistema de conducción y tratamiento de aguas negras que permita la descontaminación del sector.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

Realizar el diseño de un colector de alcantarillado combinado para la descontaminación de la quebrada Calihuaycu para la parroquia Pintag.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Recolectar y analizar la información necesaria secundaria y primaria para el análisis y diseño del colector combinado.
- Realizar el diseño hidráulico del colector combinado.
- Realizar el diseño y análisis estructural de pasos elevados donde la topografía lo requiera.
- Realizar el diseño de cimentación y túnel del colector combinado.

- Diseñar hidráulicamente la descarga final del colector.
- Realizar el estudio de impacto ambiental.
- Elaborar un presupuesto y cronograma para la construcción del sistema de alcantarillado combinado.
- Realizar el análisis económico financiero.

1.2.3 Alcance.

El presente proyecto tiene como alcance el diseño de un colector combinado, en el margen izquierdo de la quebrada Calihuaycu, con un área intervenida de 191.68 hectáreas, además determinar la utilización estructuras especiales tales como: pasos elevados, un túnel y el diseño hidráulico de su descarga final. Además de realizar la evaluación de las posibles consecuencias e impactos ambientales que se producirán durante su ejecución, concluyendo finalmente con la elaboración de presupuestos y cronogramas para la construcción de este y el análisis económico financiero del colector en estudio.

1.2.4 Recopilación y análisis de la información.

Con el fin de determinar las características físicas de la zona de estudio y definir parámetros para el diseño colector combinado en el margen izquierdo de la quebrada Calihuaycu en la parroquia de Pintag se analiza la siguiente información:

- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Pintag (Actualización 2015)
- Información secundaria de topografía en escala 1:150000
- Plan de Uso y Ocupación del Suelo PUOS-U1
- Aspectos físicos del Ecuador en escala 1:50000 (MAGAP)
- Topografía en una franja de 20 metros aproximadamente en el eje del colector en escala 1:1000
- Ortofotografía de la parroquia Pintag (2015)

- Estudio Geotécnico del área de estudio (2017)
- Catastros de vivienda (2015).

1.3 Antecedentes

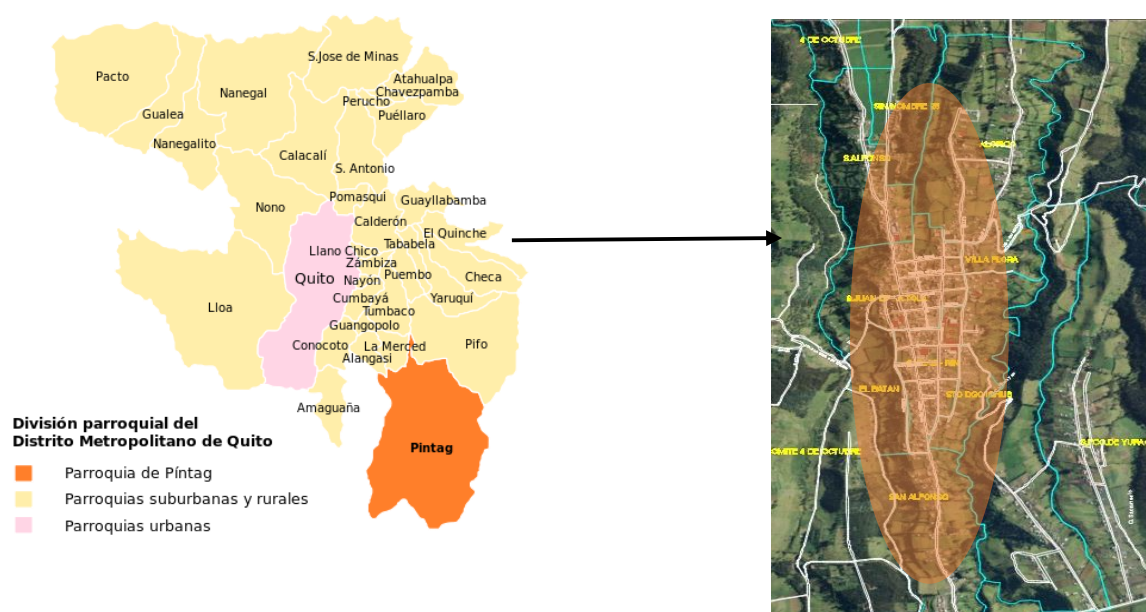
Pintag se ve en la necesidad de la descontaminación de ríos del sector ya que los mismos generan un malestar constante en los habitantes disminuyendo su calidad de vida. Actualmente cuenta con un sistema de colectores secundarios que descargan directamente a la quebrada Calihuaycu, acarreando problemas de insalubridad y contaminación. Estas aguas no se tratan en ninguna instancia, llevando el problema a comunidades que se encuentran en las partes bajas de la parroquia. Por lo tanto, se ha propuesto el diseño de un colector combinado el cual se encargará de transportar aguas negras y aguas lluvias a una planta de tratamiento para la descontaminación del cauce mencionado y posteriormente ser devueltas a su curso.

1.4 Línea Base

1.4.1 Ubicación geográfica.

Pintag es una de las treinta y tres parroquias rurales del cantón Quito, se encuentra ubicada al suroriente de la provincia de Pichincha. La superficie total de la parroquia es de 490.14 km². Su ubicación la podemos visualizar en la siguiente ilustración.

Ilustración 1 MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2015.

1.4.1.1 Límites.

Al Norte: Barrió San Juanito y quebrada Saltín

Al Sur: Barrió San Alfonso

Al Este: Quebrada Sacramento

Al Oeste: Quebrada Patasilli

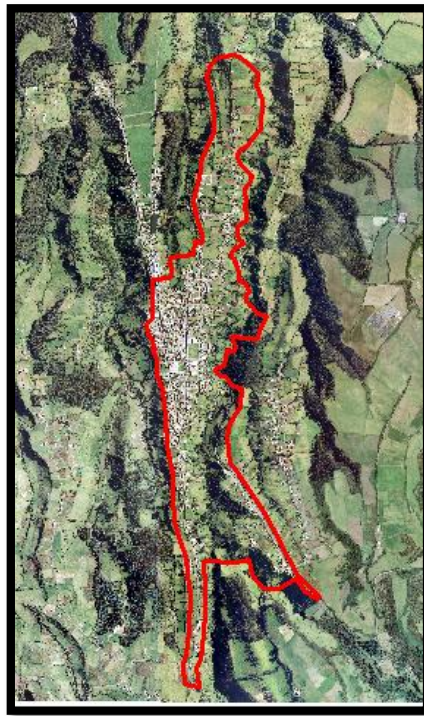
1.4.2 Área de estudio.

El área de estudio del proyecto fue determinada en base a la configuración territorial de Pintag como también de la extensión del colector combinado, por tanto, se ha llegado a intervenir un área de 191.68 hectáreas.

“Se debe definir el área de influencia del proyecto determinando la zona de servicio de alcantarillado, delimitando en planos detallados y actualizados las calles, las manzanas urbanizadas y los lotes o predios incluidos en el proyecto” (EMAAP-Q, 2009)¹.

¹ EMAAP-Q, Normas de diseño para sistemas de alcantarillado, 2009, p 28

Ilustración 2 Área de estudio



Fuente: Autores

1.4.3 Distribución general de uso del suelo.

En la parroquia Pintag el suelo está distribuido de la siguiente manera: el 51.52% de la superficie total está cubierta por páramo seguido de pastizal con 25.15% y vegetación arbustiva con un 10.21 % el resto de uso de suelos está en menor porcentaje y consta de: áreas pobladas, áreas sin cobertura vegetal, cultivo anual, plantación forestal y vegetación herbácea. Por lo que podemos concluir que Pintag se dedica en su mayoría a la agricultura y en producción de pastizales para ganado bovino y equino como se muestra en la siguiente tabla. VER ANEXO 1.

Tabla 1 Uso de suelos Pintag

Uso de suelos Pintag	
Infraestructura	0.00%
Natural	0.13%
Área poblada	0.14%
Vegetación herbácea	0.15%
Plantación forestal	1.42%
Cultivo anual	3.50%
Área sin cobertura vegetal	3.78%
Mosaico agropecuario	3.98%
Vegetación arbustiva	10.21%
Pastizal	25.15%
Paramo	51.52%

Fuente: Autores

1.4.4 Tipo de suelo.

En la parroquia Pintag de acuerdo con la clasificación taxonómica de los suelos del Ecuador son negros profundos, limosos con arena muy fina (Inceptisoles) con una extensión mayoritaria de 319,36 km² que representan el 65.4% de toda la superficie. VER ANEXO 2

Tabla 2 Clasificación Taxonómica de los suelos

Tipo de suelo	
Inceptisoles	65.40%
Sinsuelo	19.03%
Mollisoles	12.01%
Roca	2.12%
Sininforma	0.42%
Entisoles	0.32%
Nieve	0.27%
Urbano	0.22%
Inceptisoles - mollisoles	0.21%

Fuente: Autores

1.4.5 Topografía y relieve.

La parroquia Pintag tiene características topográficas variada por tener llanuras y quebradas profundas, el relieve se lo puede calificar como montañoso con fuertes pendientes que se encuentran en dirección este – oeste, con una altitud que varía entre 2400-4500 msnm.

El tipo de pendiente se puede clasificar de acuerdo con la inclinación del terreno respecto a la horizontal de esta manera se tiene lo siguiente:

Tabla 3 Clasificación de las pendientes

Abruptas, montañoso	> 70 %
Débil, plano o casi plano	0% - 5%
Fuertes, colinado	25%- 50%
Inclinación regular, suave o ligeramente ondulada	5%-12%
Irregular, ondulación moderada	12%-25%
Muy fuertes, escarpado	50%-70%

Fuente: Autores.

La pendiente predominante en la parroquia Pintag es fuerte-colinado que oscila entre 25 y 50% con un porcentaje de cobertura de 24,52%, seguido de muy fuertes-escarpado representada por un 23,02%. En la siguiente tabla se puede apreciar el tipo de pendiente y su área de extensión.

Tabla 4 Pendientes parroquia Pintag.

Pendientes parroquia Pintag		
Tipo de pendiente	Área (ha)	Área %
Abruptas, montañoso mayor al 70%	37.37	7.63%
Débil, plano o casi plano 0-5%	2.49	0.51%
Fuertes, colinado 25-50%	120.04	24.52%
Inclinación regular, suave o ligeramente ondulada 5-12%	81.30	16.61%
Irregular, ondulación moderada 12-25%	81.41	16.63%
Muy fuertes, escarpado 50-70%	112.69	23.02%
No aplicable	54.31	11.09%

Fuente: Autores

1.4.6 Infraestructura y servicios.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial únicamente el 69.50% de la población cuenta con agua potable, mientras que el 40.5% dispone de agua entubada. La cobertura del servicio eléctrico está en un 97.35%, por otro lado, en la mayoría de los barrios no cuentan con alumbrado público. La recolección de basura está cubierta en un 58.07% (3 veces por semana). Con respecto a la vivienda en la parroquia Pintag, únicamente el 50% de la población es propia mientras que el otro 50% corresponde a viviendas habitadas es en anticresis, arrendada, prestada, cedida, por servicios, regalada, donada, o se está pagando.

1.5 Aspectos naturales

1.5.1 Características climáticas.

1.5.1.1 Clima.

El tipo de clima característico en Pintag es ecuatorial de alta montaña, aunque también se pueden encontrar: ecuatorial mesotérmico semi-húmedo y nival. VER ANEXO 3.

En la siguiente tabla se muestra el tipo de clima y su extensión.

Tabla 5 Tipos de clima.

Clima de la parroquia Pintag			
Descripción	Área Ha	Área Km ²	Área %
Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo	3 873 572.34	56.75	11.59%
Nival	31 526.73	92.64	18.92%
Ecuatorial de alta montaña	2 055 131.49	340.21	69.49%

Fuente: Autores.

1.5.1.2 Temperatura.

La temperatura que oscila en la parroquia Pintag principalmente está entre los 4 a 6 °C con una extensión en área de 176.33km². También se pueden encontrar zonas en las que la temperatura va de los 6 a 8 °C, y en menor cantidad con temperaturas de 14 a 16 °C.

En la siguiente tabla se muestra la extensión de cada una de las oscilaciones térmicas dentro de la parroquia Pintag. VER ANEXO 4.

Tabla 6 Temperatura de la parroquia Pintag

Temperatura parroquia Pintag		
Rango °C	Área Km ²	Área %
14-16	8.22	1.68%
12-14	16.61	3.39%
10-12	31.20	6.37%
8-10	60.60	12.38%
6-8	104.27	21.30%
4-6	176.33	36.01%
2-4	92.37	18.87%

Fuente: Autores.

1.5.1.3 Precipitación.

Según el INMHI en Pintag la precipitación media se encuentra entre los 1250 a 1500 mm/m² con una extensión de 144.50 km², sin embargo, en el área de estudio será determinada mediante ecuaciones pluviométricas del lugar de implantación del colector de tal manera que los valores que aquí se muestran son una característica menos puntual para un estudio de esta envergadura más aún se la puede utilizar para apreciar a el rango promedio de precipitaciones en el año. En la siguiente tabla se visualiza lo antes mencionado.

VER ANEXO 5.

Tabla 7 Rangos de precipitación

PRECIPITACIÓN PARROQUIA PINTAG		
Rango (mm/m ²)	Área Km ²	Área %
1750-2000	95.79	19.56%
750-1000	37.77	7.71%
1000-1250	0.02	0.00%
1500-1750	139.31	28.45%
1500-1750	14.92	3.05%
1250-1500	144.50	29.51%
1000-1250	57.30	11.70%

Fuente: Autores.

1.5.2 Recursos hídricos.

1.5.2.1 Sistema hidrográfico.

Sobre la base del concepto definido por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH): El agrupamiento de cuencas hidrográficas, considerando su homogeneidad climática y espacial), y con el propósito de facilitar la ejecución de estudios de planificación regional, el CNRH mantiene la división para el Ecuador en 31 Sistemas Hidrográficos de los cuales 24 pertenecen a la vertiente del Pacífico (incluido los territorios insulares), con una superficie total de 124.644 Km² que corresponde al 49% del área total del país y 7 a la vertiente del Amazonas con una superficie de 131.726 Km² que corresponde al 51% del área total del país. (CNRH, 2002)²

² División hidrográfica del Ecuador, CNRH, 2002, p 7

Entonces podemos decir que en la subcuenca del “Río Guayllabamba”, el sistema hidrográfico definido es:

- Vertiente: del Pacífico
- Cuenca: Río Esmeraldas
- Subcuenca: Río Guayllabamba
- Específicamente en el sitio de estudio en la quebrada Calihuaycu está dentro de la microcuenca del Río Cariyacu. VER ANEXO 6.

1.5.2.2 Cursos de agua.

De acuerdo con la información básica obtenida se pueden evidenciar los siguientes cursos de agua:

Tabla 8 Cursos de agua.

Cursos de agua de Pintag		
Quebrada Calihuaycu	Quebrada El Lisco	Quebrada Padre Corral
Quebrada Cajas	Quebrada El Prado	Quebrada Patasilli
Quebrada Cantera	Quebrada Garrochal	Quebrada Pucahuaycu
Quebrada Cariacu	Quebrada Guanguil	Quebrada Rumihuaycu
Quebrada Chacauca	Quebrada Huanuna	Río Guapal
Quebrada de Guapalillo	Quebrada Isinipungo	Río Pita
Quebrada El Carmen	Quebrada Jatunhuaycu	
Quebrada Merced	Quebrada Yurac	

Fuente: Autores.

Tabla 9 Sistema hídrico de la quebrada Calihuaycu.

Quebrada Calihuaycu	
Sistema	Vertiente del Pacífico
Subcuenca	Río Guayllabamba
Cuenca	Río Esmeraldas
Longitud (Km)	11.87

Fuente: Autores

La red hídrica se puede apreciar en el ANEXO 9.

Capítulo II

Bases de diseño

2.1 Parámetros de diseño

2.1.1 Consideraciones para el diseño.

2.1.1.1 Diámetro mínimo interno.

“El diámetro interno real mínimo permitido en redes de sistema de recolección y evacuación de aguas residuales tipo alcantarillado sanitario convencional es 250 mm con el fin de evitar obstrucciones de los conductos por objetos relativamente grandes introducidos al sistema” (EMAAP-Q, 2009).³

2.1.1.2 Profundidad hidráulica máxima (Calado máximo).

“Permitir aireación adecuada del flujo de aguas residuales, el valor máximo permisible de la profundidad hidráulica para el caudal de diseño en un colector debe estar entre 70% y 85% del diámetro real de este” (EMAAP-Q, 2009)⁴.

2.1.1.3 Profundidad mínima de la cota clave.

“Las redes de recolección y evacuación de aguas residuales deben estar a una profundidad adecuada para permitir el drenaje por gravedad de las descargas domiciliarias sin sótano, aceptando una pendiente mínima de estas de 2%” (EMAAP-Q, 2009)⁵.

Los valores mínimos permisibles de cubrimiento de las tuberías se definen en la siguiente tabla.

Tabla 10 Profundidad mínima de tuberías

Profundidad mínima de tuberías	
Servidumbre	Profundidad mínima a la clave del colector (m)
Vías peatonales o zonas verdes	1.50
Vías vehiculares	1.50

Fuente: (EMAAP-Q -2009)

³ EMAAP-Q, (2009) Op. Cit. p 39.

⁴ Ídem p 41.

⁵ Ídem p 41.

2.1.1.4 Profundidad máxima de la cota clave.

“En general la máxima profundidad de las tuberías es del orden de 5 m, aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y tuberías” EMAAP-Q (2009)⁶.

2.1.1.5 Velocidad mínima.

“Si las aguas residuales fluyen por un período largo a bajas velocidades, los sólidos transportados pueden depositarse dentro de las tuberías. En consecuencia, se debe disponer regularmente de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante períodos de caudal bajo. Para lograr esto, se establece la velocidad mínima como criterio de diseño” (EMAAP-Q, 2009)⁷.

Según la EMAAP-Q (2009) menciona que cuando la verificación se realice atendiendo al criterio de velocidad de flujo, se deberá tender a alcanzar la condición $V > 0.60$ m/s.

2.1.1.6 Velocidad máxima.

“Los valores máximos permisibles para la velocidad media en las tuberías por gravedad dependen del material. En general, la velocidad máxima real no debe sobrepasar los 5 m/s. Valores mayores deben justificarse apropiadamente para ser aceptados por la empresa prestadora del servicio” (EMAAP-Q, 2009).

⁶ EMAAP-Q (2009), *Op.Cit.* p 41.

⁷ *Ídem* p 40.

Tabla 11 Velocidad Máxima

Material de la tubería	Velocidad máx. m/s
Tubería de Hormigón simple hasta 60cm. de diámetro	4.5
Tubería de Hormigón armado de 60 cm. de diámetro o mayores	6
Hormigón armado en obra para grandes conducciones 210/240 kg/cm ²	6-6.5
Hormigón armado en obra para grandes conducciones 280/350 kg/cm ²	7.0-7.5
PEAD, PVC, PERFV	7.5
Acero	9.0 o mayor
Hierro dúctil o fundido	9.0 o mayor

Fuente: EMAAP-Q (2009)

2.1.1.7 Pendiente mínima.

“El valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquel que permita tener condiciones de auto limpieza y de control de gases adecuadas de acuerdo con los criterios de velocidad mínima” (EMAAP-Q, 2009)⁸.

2.1.1.8 Pendiente máxima.

“El valor de la pendiente máxima admisible es aquel para el cual se tenga una velocidad máxima real, según la velocidad máxima” (EMAAP-Q, 2009)⁹.

2.1.1.9 Selección del material en las tuberías.

Para la óptima selección de las tuberías se la realizara en función del dimensionamiento hidráulico con su respectiva verificación estructural a las cargas externas, sus evaluaciones se efectúan por comparaciones entre materiales que satisfagan a una prestación similar.

Según la EMAAP-Q (2009):

Los materiales usuales en nuestro medio que pueden utilizarse son:

⁸ EMAAP-Q (2009) Op.Cit. p 41.

⁹ Ídem 8.

Tabla 12 Material para la tubería

Selección del material para la tubería
Hormigón simple (HS)
Hormigón armado (HA)
Policloruro de vinilo (PVC)
Hierro fundido (HF)
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)
Polietileno de alta densidad (PEAD)

Fuente: EMAAP-Q (2009)

Cualquier material, que, con adecuada justificación, pueda ser apto para el fin propuesto y siempre que cumpla las exigencias normativas de cálculo estructural, hidráulico y de verificación a la corrosión.

2.1.1.10 Material de las tuberías.

“Las evaluaciones de comparación de materiales de tuberías deberán realizarse en forma integrada considerando material de la tubería, zanja y relleno, de manera que se garantice una prestación similar del conjunto (EMAAP-Q, 2009)¹⁰.

2.1.2 Periodo de diseño.

El periodo de diseño es el tiempo en el que una estructura o servicio debe operar de manera normal para una demanda futura. Depende de varios factores como pueden ser, la durabilidad de los materiales, la importancia de la obra, el mantenimiento de esta y el periodo de retorno de una lluvia de diseño.

Según la normativa vigente para el Distrito Metropolitano de Quito-Ecuador “Como mínimo, los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales deben proyectarse para un periodo de 30 años” (EMAAP-Q, 2009)¹¹.

¹⁰ EMAAP-Q (2009) Op. Cit. p 48

¹¹ EMAAP-Q (2009) Op. Cit. p 27.

2.1.3 Análisis poblacional.

Los habitantes la parroquia Pintag son 17930, dato obtenido a partir del censo del INEC del año 2010, la cual se proyectará para un periodo de diseño de 30 años y una tasa de crecimiento de 2.37%.

“La estimación de la población es un aspecto principal del planeamiento de un sistema de alcantarillado. Esta población debe corresponder a la proyectada al final del periodo de diseño, llamado también año horizonte de planeamiento del proyecto, además, debe estimarse la población futura cada 5 años hasta el año horizonte” (EPMAP-Q, 2009).¹²

Tabla 13 Datos censales 2010

Código	Nombre de parroquia	2010			Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
170176	PINTAG	8.815	9.115	17.930	2.27%	2.47%	2.37%

Fuente: INEC (2010)

El cálculo de la población futura se realiza con el método geométrico, que puede ser usado en poblaciones con un desarrollo constante.

$$PF = P_o \times (1 + r)^n \quad (2.1)$$

Dónde:

P_o: Población actual.

n: Años transcurridos

r: Tasa de crecimiento

PF Población futura.

Con la aplicación de la ecuación anterior se obtiene la población de diseño.

En la tabla 14 se puede apreciar el cálculo de la población futura por cada año hasta llegar al horizonte de diseño.

$$PF = 17930 \times (1 + 2.37\%)^{(2047-2010)}$$

¹² EMAAP-Q (2009) Op. Cit. p 27.

- Población futura= 42642 habitantes.
- Po= 17930 habitantes. Población de último censo.
- n= 30 años. Periodo de diseño
- $r=2.37\%=0.0237$.
- Área= 191.68 Ha. Área del proyecto

Tabla 14 Población Futura.

n	AÑO	POBLACION FUTURA		n	AÑO	POBLACION FUTURA
0	2010	17930		19	2029	27976
1	2011	18355		20	2030	28639
2	2012	18790		21	2031	29318
3	2013	19235		22	2032	30012
4	2014	19690		23	2033	30723
5	2015	20157		24	2034	31451
6	2016	20635		25	2035	32196
7	2017	21123		26	2036	32959
8	2018	21624		27	2037	33740
9	2019	22136		28	2038	34539
10	2020	22661		29	2039	35358
11	2021	23197		30	2040	36195
12	2022	23747		31	2041	37053
13	2023	24310		32	2042	37931
14	2024	24886		33	2043	38829
15	2025	25475		34	2044	39749
16	2026	26079		35	2045	40691
17	2027	26697		36	2046	41655
18	2028	27329		37	2047	42642

Fuente: Autores.

La población antes calculada representa a todo el cantón Pintag, pero se necesita únicamente la proyectada dentro del área intervenida por el colector, de esta manera se tiene: la densidad poblacional calculada por la ecuación (2.2) dentro del área de influencia mostrada en el ANEXO 7.

$$\text{Densidad Poblacional Futura} = \frac{\text{Población por uso de suelo}}{\text{Área del uso de suelo}} \quad (2.2)$$

Tabla 15 Densidad Poblacional

Población futura		Área (ha)	D. Poblacional futura (hab/ha.)
Agrícola Residencial	1833	87.18	21
Equipamiento	129	3.95	33
P. Ecol/Conser. Patri. N	0	1.53	0
Resid Urbano 1	5410	39.96	135
Resid Urbano 2	4554	21.00	217
Resid Urbano 3	1066	6.00	178
RN/Prod. Sostenible	48	32.07	2
	TOTAL	192	586
		PROMEDIO	83.71
		SE ASUME	85

Fuente: Autores.

La determinación de la densidad de diseño adoptada se la obtuvo mediante el promedio de las densidades poblacionales futuras para cada estrato mostrado en tabla 15, de esta manera se obtuvo un valor de 83.71 hab./Ha., asumiendo así un valor de 85 hab./Ha.

El uso de suelo se ha obtenido del estudio Plan de Uso y Ocupación del Suelo PUOS-U1. VER ANEXO 8

2.1.4 Áreas de aportación.

De acuerdo con lo propuesto por: NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES. Publicada por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) establece en los artículos **5.1.3.1**, **5.1.3.2** y **5.1.3.3** citados a continuación;

“Se zonificará la ciudad en áreas tributarias fundamentalmente en base a la topografía, teniendo en cuenta los aspectos urbanísticos definidos en el plan regulador. Se considerará los

diversos usos de suelo (residencial, comercial, industrial, institucional y público). Se incluirán las zonas de futuro desarrollo” (SENAGUA, 1992)¹³.

“De no existir un plan de desarrollo urbano, en base a la situación actual, a las proyecciones de población y a las tendencias y posibilidades de desarrollo industrial y comercial, se zonificará la ciudad y su área de expansión hasta el final del horizonte de diseño” (SENAGUA, 1992)¹⁴.

“Para el alcantarillado pluvial será necesario definir las cuencas que drenan a través de la ciudad” (SENAGUA, 1992)¹⁵.

De lo citado anteriormente se desprende que para el trazado de las áreas de aportación se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- Uso y ocupación del suelo
- Topografía

De esta manera se pudo conocer el coeficiente de escurrimiento y la dirección de drenaje de las aguas lluvias.

El trazado del área de influencia y las respectivas áreas de aportación se pueden apreciar en el ANEXO 7.

2.1.5 Dotación.

El plan maestro de agua potable del Gobierno Autónomo Descentralizado de Quito menciona en su estudio que: “La dotación en el año 2009 para poblaciones urbanas es de 183 l/hab./día, mientras que para poblaciones rurales corresponde a 160 l/hab./día.

A partir de estos valores y de datos proyectados de población y demanda de los usuarios se plantea metas de dotación en el tiempo” (GADM QUITO, 2011)¹⁶.

¹³ (SENAGUA Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 1992, p261-268 art 5.1.3.1.

¹⁴ Ídem art. 5.1.3.2.

¹⁵ Ídem art 5.1.3.3.

¹⁶ Plan maestro de agua potable del Gobierno Autónomo Descentralizado de Quito, GADM QUITO (2011), p10.

En la siguiente tabla se puede apreciar lo antes mencionado.

Tabla 16 Dotaciones Plan Maestro de Agua Potable.

Meta de IANC y Dotación Asumidas					
Sector	Parámetro	2010	2020	2030	2040
Distrito Urbano de Quito DUQ y Parroquias Urbanas	Dotación Neta (Ipcpd)	183	179	174	170
	Dotación Bruta (Ipcpd)	244	235	223	212
	IANC	25%	24%	22%	20%
	Cobertura	99%	99%	99%	99%
Parroquias Rurales	Dotación Neta (Ipcpd)	160	160	160	160
	Dotación Bruta (Ipcpd)	308	291	243	213
	IANC	48%	45%	35%	25%
	Cobertura	98%	98%	98%	98%

Fuente: (GADM QUITO,2011)

La dotación asumida es 210 l/hab./día que corresponde a la dotación bruta para parroquias rurales en el año 2040 que considera las pérdidas que se ocasionan por infiltración, conexiones erradas, etc.

2.1.6 Caudal sanitario de diseño.

El caudal sanitario está compuesto por los aportes de aguas residuales domésticas que corresponden al retorno del agua potable que entra a una vivienda después de haber sido utilizada, así mismo aguas residuales industriales, comerciales, institucionales y por infiltración. La Normativa vigente plantea su estimación basado en coeficientes que están ligados con el nivel de complejidad del sistema.

2.1.6.1 Caudal sanitario.

El aporte doméstico está dado por la siguiente ecuación: (EMAAP-Q 2009)¹⁷

$$Qd = d_{neta} * D * Ard * R/86400 \quad (2.3)$$

Dónde:

d_{neta} dotación neta por habitante (l/ha-día)

D: densidad poblacional futura (hab./ha).

¹⁷ EMAAP-Q (2009) Op. Cit. p29

Ard: área residencial bruta de drenaje sanitario (Has)

P: población (hab)

R: coeficiente de retorno (adimensional).

2.1.6.2 Consumo medio diario por habitante (d neta).

“Corresponde a la dotación neta por habitante, es decir, a la cantidad de agua que el consumidor efectivamente recibe para satisfacer sus necesidades. La dotación neta depende del nivel de complejidad del sistema, del clima de la localidad y del tamaño de la población” (EMAAP-Q, 2009)¹⁸.

2.1.6.3 Densidad poblacional futura (D).

“Los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales deben diseñarse para la máxima densidad de población futura o densidad de saturación, la cual depende de la estratificación socioeconómica, el uso de la tierra y el ordenamiento urbano” (EMAAP-Q, 2009)¹⁹.

Se ha considerado lo anterior citado para el cálculo y proyección de la población.

2.1.6.4 Población (P).

“La población servida puede ser estimada como el producto de la densidad de población (D) y el área residencial bruta acumulada de drenaje sanitario. Esta área debe incluir las zonas recreacionales. Esta forma de estimación es válida donde esté definida la densidad de población” (EMAAP-Q, 2009)²⁰.

2.1.6.5 Estimación del coeficiente de retorno (R).

“El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico servida (dotación neta), entregada como agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Su

¹⁸ EMAAP-Q. Op. Cit. p. 30.

¹⁹ Idem p 30.

²⁰ Ídem p 30.

estimación debe provenir el análisis de información existente de la localidad y/o de mediciones de campo.” (EMAAP-Q, 2009)²¹.

Tabla 17 Coeficiente de Retorno Caudal Sanitario

COEFICIENTES DE RETORNO DE AGUAS SERVIDAD DOMÉSTICAS	
Nivel de complejidad del sistema	Coeficientes de retorno
Bajo y medio	0.7 - 0.8
Medio alto y alto	0.8 - 0.85

Fuente: (EMAAP-Q 2009)

Se adopta un valor de R de 0.8 para un nivel de complejidad medio alto.

2.1.7 Caudal industrial.

En la zona intervenida no se tiene industrias cuyo tamaño justifique calcular o estimar un caudal industrial, sino más bien pequeñas microempresas destinadas a elaboraciones artesanales que funcionan dentro de una vivienda por lo que el caudal industrial no será tomado en cuenta

2.1.8 Caudal de infiltración.

“Es inevitable la infiltración de aguas subsuperficiales a las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, principalmente freáticas, a través de fisuras en las tuberías, en juntas ejecutadas deficientemente, en la unión de tuberías con pozos de inspección y demás estructuras, y en estos cuando no son completamente impermeables” (EMAAP-Q, 2009)²².

“La categorización de la infiltración en alta, media y baja se relaciona con las características topográficas, de suelos, niveles freáticos y precipitación” (EMAAP-Q, 2009).

²¹ EMAAP-Q. *Op. Cit.* p. 30.

²² EMAAP-Q. 2009. *Op. Cit.* p. 33.

“En ausencia de medidas directas o ante la imposibilidad de determinar el caudal por infiltración, el aporte puede establecerse con base en los valores de la siguiente tabla, en donde el valor inferior del rango dado corresponde a condiciones constructivas más apropiadas, mayor estanqueidad de tuberías y estructuras complementarias y menor amenaza sísmica” (EMAAP-Q, 2009).

Tabla 18 Coeficientes caudal de infiltración

COEFICIENTES CAUDAL DE INFILTRACIÓN			
Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (l/s-ha)	Infiltración media (l/s-ha)	Infiltración baja (l/s-ha)
Bajo y medio	0.1 - 0.3	0.1 - 0.3	0.05 - 0.2
Medio alto y alto	0.15 - 0.4	0.1 - 0.3	0.05 - 0.2

Fuente EMAAP-Q, 2009

Se selecciona un nivel de complejidad del sistema medio alto, y una infiltración media con un valor devuelto de la tabla anterior de 0.1 l/s/Ha.

2.1.8.1 Coeficientes de mayoración de caudales (K1, K2).

“Los valores de los coeficientes de mayoración disminuyen en la medida que el número de habitantes considerado aumenta” (EMAAP-Q, 2009)²³.

En el presente proyecto adoptaremos el coeficiente de mayoración $k=2.66$, ya que no existen registros confiables ininterrumpidos de los últimos 12 meses del consumo de agua potable o de descargas de alcantarillado sanitario que nos permitan determinar estos coeficientes como se recomienda en la normativa vigente.

²³ EMAAP-Q. Op. Cit. p.36.

Tabla 19 Coeficientes de mayoración k.

COEFICIENTES DE MAYORACIÓN	
1.1 < K1 < 1.4	1.43 < K < 2.66
1.3 < K2 < 1.9	
NOTA: Estos coeficientes no incluyen infiltraciones ni aportes de grandes usuarios	

Fuente EMAAP-Q 2009

2.1.8.2 Caudal sanitario máximo instantáneo (caudal sanitario de diseño).

El caudal máximo instantáneo se definirá de la siguiente manera:

$$Q_{md} = (Q_{san} + QI)K + Qi \quad (2.4)$$

“Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1.5 l/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño” (EMAAP-Q, 2009).²⁴

2.1.9 Caudal pluvial de diseño.

Cuando hablamos del caudal pluvial de diseño entendemos que es el volumen de agua que se precipita sobre el área de influencia del proyecto y escurre hasta el tramo de evacuación más cercano, esto depende: de la precipitación, de la intensidad, la duración y la frecuencia de la lluvia, de la probabilidad de ocurrencia de un evento (periodo de retorno) y del área de drenaje. El caudal pluvial de diseño abarca varios parámetros de diseño desarrollados en este subcapítulo

2.1.9.1 Periodo de Retorno TR.

Se entiende como periodo de retorno a la probabilidad de ocurrencia de un evento extraordinario. Se puede decir que los eventos hidrológicos suceden con una variabilidad aleatoria, sin embargo, cuando nos referimos a periodos de retorno por ejemplo decenales o cada 25 años, significa que el caudal máximo podría regresar en igual magnitud cada 10 o 25 años.

²⁴ EMAAP-Q. 2009. Op. Cit. p. 38

Teniendo claro que significa el periodo de retorno podemos referirnos a la normativa vigente EMAAP-Q 2009 donde se mencionan periodos de retorno a adoptarse de acuerdo con la ocupación del suelo del área de influencia de la obra a diseñarse. Teniendo así:

Tabla 20 Periodos de retorno

PERIODOS DE RETORNO PARA DIFERENTES OCUPACIONES DE AREA		
TIPO DE OBRA	Tipo de Ocupación del área de influencia de la obra	Tr (años)
Micro drenaje	Residencial	5
Micro drenaje	Comercial	5
Micro drenaje	Área con edificios de Servicio Público	5
Micro drenaje	Aeropuertos	10
Micro drenaje	Áreas comerciales y vías de tránsito intenso	10 a 25
Micro drenaje	Áreas comerciales y residenciales	25
Micro drenaje	Áreas de importancia específica.	50 a 100

Fuente (EMAAP-Q 2009)

2.1.9.2 Curvas de intensidad, duración y frecuencia.

Para la zona de estudio, según las investigaciones de EMAAP-ORSTOM (Proyecto SISHILAD), las relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) en la estación pluviográfica representativa de la zona de estudio es la estación M-002, llamada “La Tola”, ubicada en la zona 1, y sus ecuaciones son como se puede detallar en la siguiente tabla.

Tabla 21 Estación "La Tola" Información

Zonificación de intensidades									
Código	Estación	Coordenadas		Altitud (msnm)	TR (Años)				
		Latitud	Longitud		5	10	25	50	100
M-002	La Tola	00°13'46" S	78°22'00"W	2480	2.32	2.62	2.99	3.27	3.54

Fuente INAMHI

Las siguientes ecuaciones corresponden a la zonificación de intensidades, ecuación representativa de la (Zona 01). Fuente: (INAMHI, 2015)²⁵

²⁵ INAMHI, 2015. " Determinación de Ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación", p 202

$$I_{TR} = \frac{78.451 * Id_{TR}}{t^{0.239}}; \text{ para } 5 \text{ min} < t < 24.10 \text{ min} \quad (2.5)$$

$$I_{TR} = \frac{567.92 * Id_{TR}}{t^{0.861}}; \text{ para } 24.10 \text{ min} < t < 1440 \text{ min} \quad (2.6)$$

Donde:

I_{TR} intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h,

Id_{TR} intensidad diaria para un periodo de retorno dado en mm/h,

TR periodo de retorno en años,

T tiempo de duración de la lluvia en minutos.

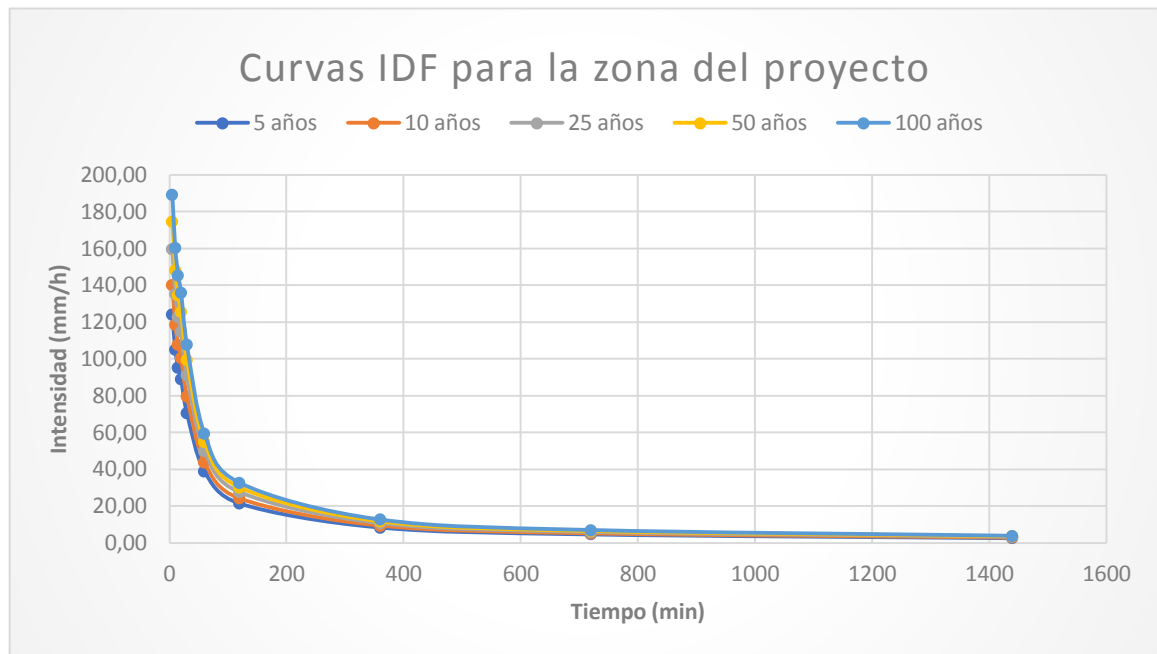
Aplicando las ecuaciones (2.5) y (2.6), y los valores de periodo de retorno de la Tabla No. 21, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 22 Duración de la lluvia vs intensidad y TR Elaborado por Autores.

TR (años)	IdTR (mm/h)	Tiempo de duración (min)									
		5	10	15	20	30	60	120	360	720	1440
5	2.32	123.89	104.98	95.28	88.95	70.47	38.80	21.36	8.29	4.57	2.51
10	2.62	139.91	118.55	107.60	100.45	79.58	43.81	24.12	9.37	5.16	2.84
25	2.99	159.67	135.29	122.80	114.64	90.81	50.00	27.53	10.69	5.89	3.24
50	3.27	174.62	147.96	134.30	125.37	99.32	54.68	30.11	11.69	6.44	3.54
100	3.54	189.04	160.18	145.38	135.72	107.52	59.20	32.59	12.66	6.97	3.84

Fuente: Autores

Ilustración 3 Curvas IDF de la estación "La Tola"



Fuente: Autores.

2.1.9.3 Método de cálculo lluvia – caudal.

Para el diseño del colector combinado se utilizará el método racional, por tanto, este método es aplicable para cuencas de hasta 200 Ha, donde en el proyecto no existen cuencas mayores al área mencionada, y el caudal será calculado con la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{C * I * A}{0.36} \quad (2.7)$$

Donde:

Q caudal pico (l/s).

C coeficiente de escorrentía.

I intensidad de precipitación (mm/h), determinada en las curvas IDF para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca para el período de retorno adoptado.

A área de la cuenca de aporte (Ha).

2.1.9.4 Determinación del coeficiente de escorrentía.

“El coeficiente de escorrentía integra una gran cantidad de variables hidrometeorológicas y características de infiltración morfológicas del suelo y las condiciones de uso, cobertura y ocupación del suelo” (EMAAP-Q, 2009)²⁶.

La determinación del coeficiente de escorrentía se lo obtiene mediante el promedio entre área rural y área urbana, como se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 23 Coeficientes de escorrentía, área rural.

Coeficientes de escorrentía para el área rural				
Vegetación y topografía		Textura del suelo		
		Limo arenoso abierto	Arcilla y limo	Arcilla abierta
Bosque	Plano pend 0-5%	0,10	0,30	0,40
	Ondulada pend 5-10%	0,25	0,35	0,50
	Montañosa pend 10-30%	0,30	0,50	0,60
Pastura	Plano	0,10	0,30	0,40
	Ondulado	0,16	0,36	0,55
	Montañoso	0,22	0,42	0,60
Cultivos	Plano	0,30	0,50	0,60
	Ondulado	0,40	0,60	0,70
	Montañoso	0,52	0,72	0,82

Fuente: EMAAP-Q, 2009

Tabla 24 Coeficientes de escorrentía área urbana

Coeficientes de escorrentía para el área urbana	
Descripción del área	Coeficientes de escorrentía
-Negocios	
Centro	0.70 a 0.95
Barrios	0.50 a 0.75
-Residencial	
Unifamiliar	0.30 a 0.60
-Multi-unidades, contiguas	0.40 a 0.75
Departamentos	0.60 a 0.85
-Industrias	
Livianas	0.50 a 0.80
Pesadas	0.60 a 0.90
Sin mejoras	0.10 a 0.30

Fuente: EMAAP-Q, 2009

²⁶ EMAAP-Q. Op. Cit. p. 80.

Tomando en cuenta los coeficientes de esorrentía tanto de la tabla para área rural y área urbana, se llegó a la determinación de un promedio, el cual se obtuvo un valor C de 0.36

2.1.9.5 Determinación del tiempo de concentración.

“El tiempo de concentración de la cuenca es definido como el tiempo de viaje del agua de lluvia caída en el punto más alejado de la sección de desagüe de una cuenca hasta llegar a dicha sección de desagüe” (EMAAP-Q, 2009)²⁷.

Se puede determinar mediante la utilización de la siguiente ecuación.

$$tc = ti + tf \quad (2.8)$$

Donde:

tc = Tiempo de concentración

ti = Tiempo inicial o de entrada al sistema de alcantarillado

tf = Tiempo de flujo a lo largo de los conductos de alcantarillado

El tiempo de concentración se lo puede estimar con la utilización de la fórmula de Manning con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{L}{60 * V} \quad (2.9)$$

(2.9): Tiempo de viaje del conducto. Fuente: (EMAAP-Q, 2009)

Donde:

t tiempo de viaje en el conducto

ti longitud (m)

tf velocidad media en la sección de escurrimiento

²⁷ EMAAP-Q. Op. Cit. p. 87

Capítulo III

Cálculos y diseño

3.1 Sistema de coordenadas

El sistema de coordenadas para el área urbana de la ciudad de Quito, según lo establecido en el SIRES- DMQ “utiliza como Dátum horizontal al Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84), como Dátum Vertical al sistema de alturas con respecto al nivel medio del mar y como Sistema de Proyección Cartográfica la Universal Transversa de Mercator Modificada (TMQ)”²⁸

3.2 Descripción del tramo de colector

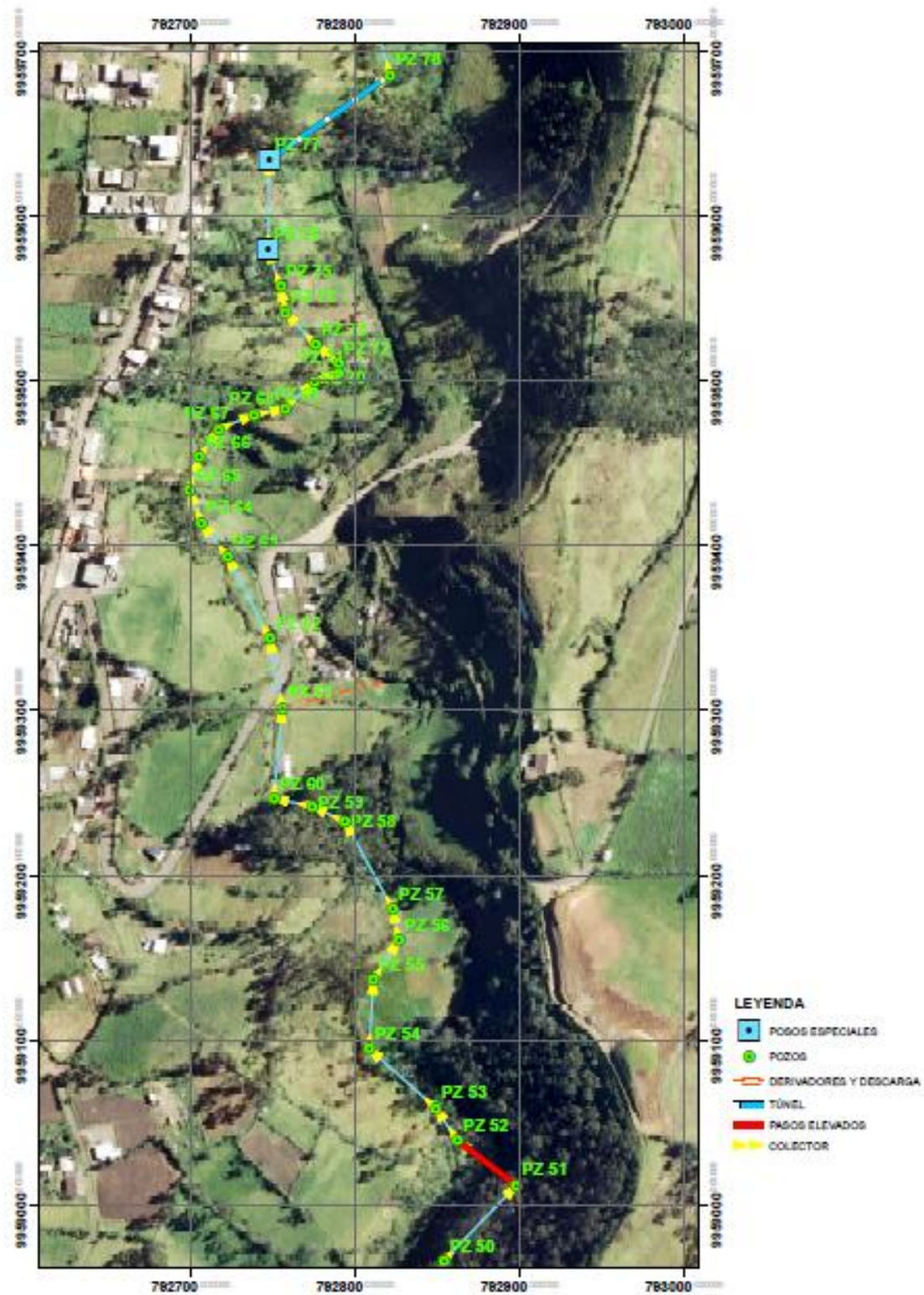
El colector combinado del margen izquierdo de la quebrada Calihaycu tiene una longitud estimada de 4162 metros inicia su recorrido paralelamente al desarrollo urbano de la población en las coordenadas en las coordenadas: 9957481.17 N, 514446.97 E. hasta llegar a sitio de su descarga planteada en las coordenadas: 9960832.49N, 514539.94E.

Cuenta con 112 pozos previos a su descarga, cuatro pasos elevados, dos derivadores de caudal y un túnel que se han considerado desde la dificultad del terreno y accidentes topográficos que justifican considerarlos.

Las coordenadas de todos los pozos del sistema se pueden apreciar en el ANEXO 10.

²⁸ *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS DE CONTROL, TOPOGRAFÍA, CARTOGRAFÍA Y SIG EN PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, Versión 1.0, 2014, p. 2.*

Ilustración 4 Túnel, paso elevado, derivador de caudal y pozos especiales.



Fuente: Autores

3.2.1 Pasos elevados.

La ubicación de los pasos elevados se detalla en la siguiente tabla:

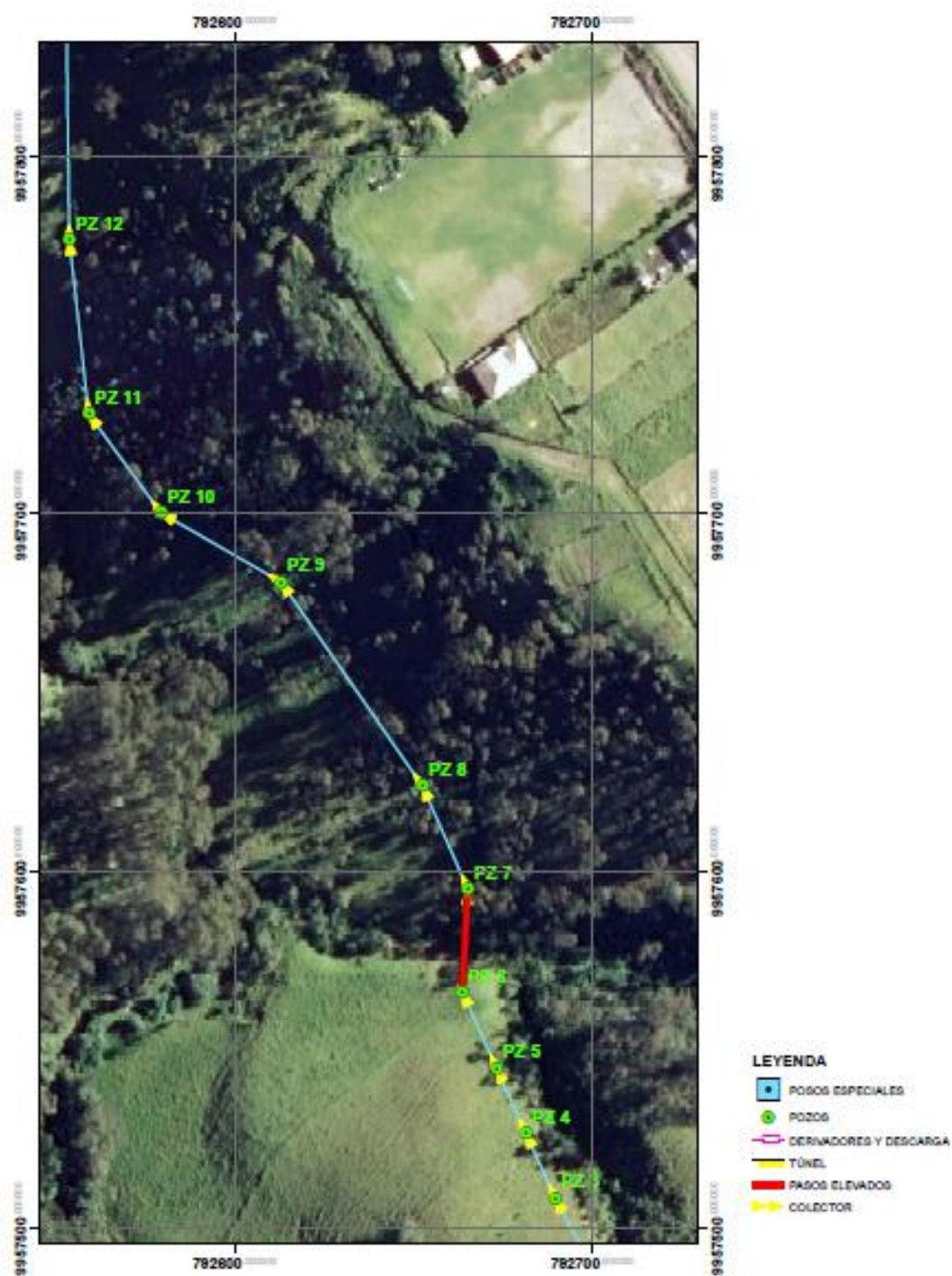
Tabla 25 Pasos elevados del colector combinado.

Pasos elevados del proyecto			
N	DESDE	HASTA	LONGITUD
1	PZ 6	PZ 7	28.78
2	PZ 31	PZ 32	26.30
3	PZ 44	PZ 45	46.96
4	PZ 51	PZ 52	52.88

Fuente: Autores.

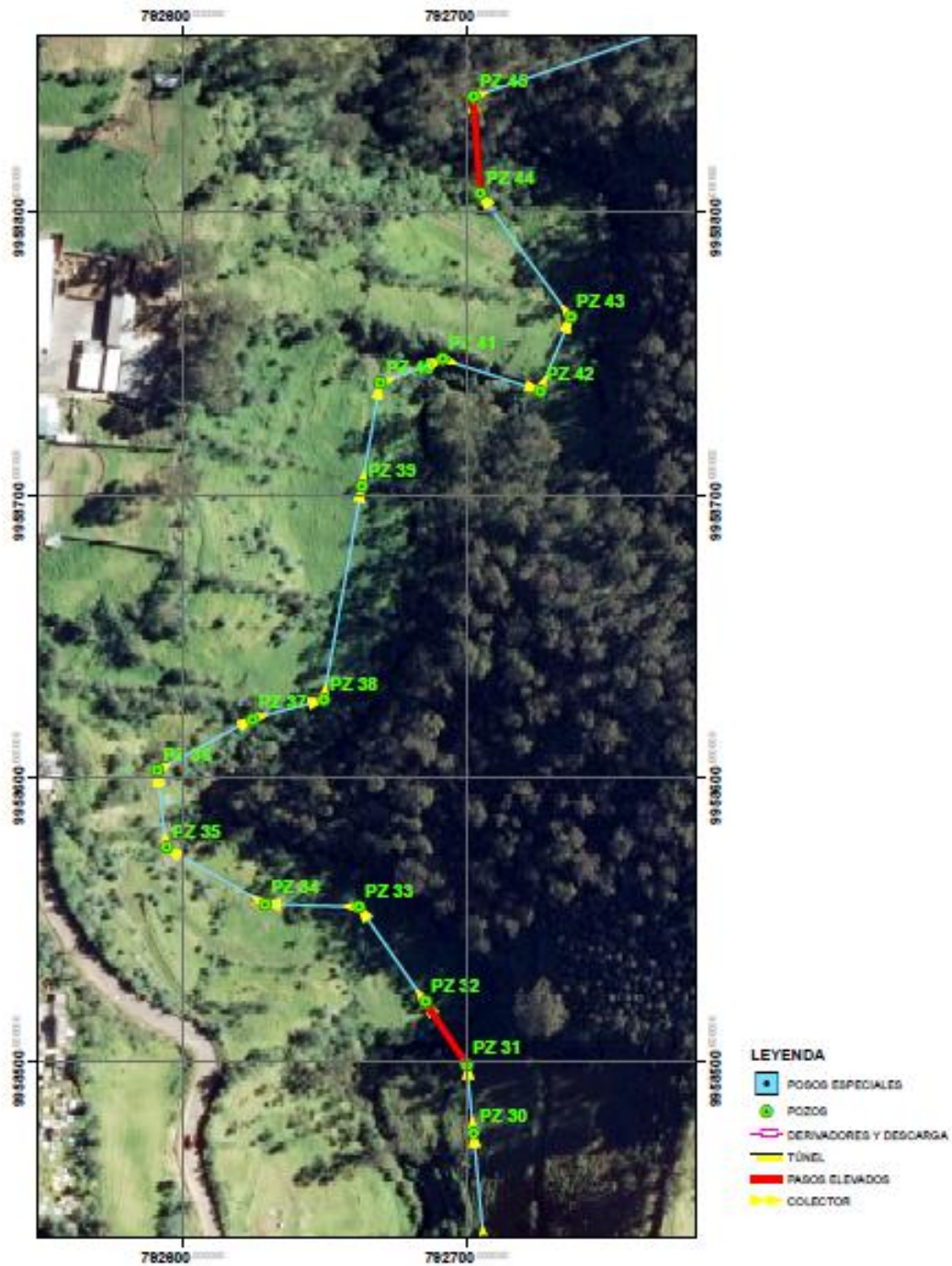
Los pasos elevados se consideran en el diseño del colector en su recorrido se encuentra con accidentes difíciles de sortear como la presencia de quebradas menores que aportan a la quebrada Calihuaycu, o debido a las grandes pendientes del terreno es necesario que el colector cambie de margen para recibir las aportaciones de caudal de la parte urbana como lo es el caso del último paso elevado entre los pozos (PZ 51 y PZ 52).

Ilustración 5 Paso elevado 1



Fuente: Autores

Ilustración 6 Paso elevado 2 y 3

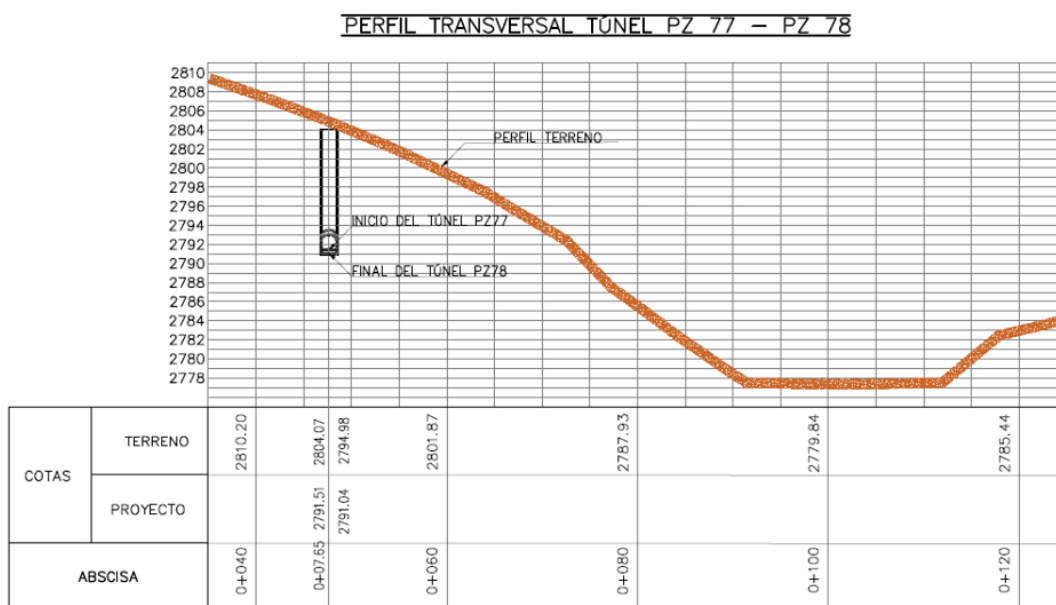


Fuente: Autores

3.2.2 Túnel.

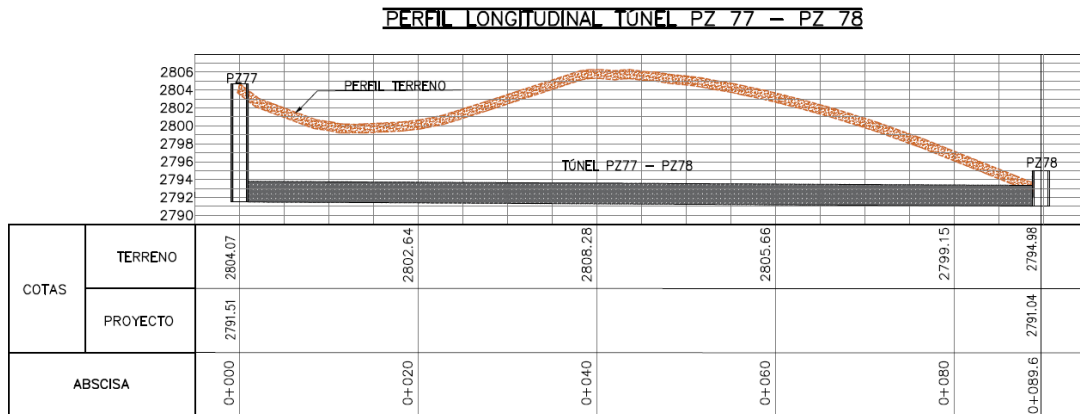
El túnel está ubicado entre los pozos PZ 77 y PZ 78. Su diseño se justifica debido a que la pendiente transversal del terreno con respecto al colector es muy elevada, además, de que al no contar con esta alternativa se cortaría el terreno, lo cual significaría salir del límite en el que se puede construir el colector sin afectar a la propiedad privada generando trabajos de movimiento de tierras, terraceo y la estabilidad de los taludes para implantar el colector en este lugar. A continuación, se presenta el perfil de un corte transversal al eje del túnel en la abscisa 0+045, se destaca también los márgenes: izquierdo, derecho y el fondo de la quebrada.

Ilustración 7 Perfil transversal del túnel.



Fuente: Autores

Ilustración 8 Perfil Longitudinal del Túnel.



Fuente: Autores

En las ilustraciones 7 y 8 se puede apreciar los perfiles transversal y longitudinal del tramo en donde se considera el túnel. Se muestra en los perfiles, las cotas del terreno y las cotas del túnel como cotas de proyecto.

3.3 Consideraciones de diseño

Para el trazado del colector se toma en cuenta las siguientes consideraciones de diseño:

- Se proyectan en tramos rectos entre acceso a las mismas (pozos de revisión).
- Se debe lograr la menor profundización de las tuberías a lo largo del colector.
- Se deberá considerar un acceso al colector en cada cambio de dirección, cambio de pendiente, acceso a túnel o paso elevado, cambio de material, cambio de diámetro o cuando se justifique técnicamente.

El colector inicia con tubería PVC corrugado entre los pozos PZ 1 y PZ 13. Después este adopta una forma rectangular de hormigón armado.

En los pasos elevados se tiene tubería de acero estructural A36 de tal manera que la misma sirva como material auto soportante.

Con respecto al túnel se tiene una galería abovedada de hormigón armado. Tanto el colector como el túnel están compuestos de hormigón con una resistencia a la compresión simple $f'c=280\text{kg/cm}^2$

Las estructuras especiales como pozos de salto y pozos especiales se diseñan con la misma resistencia a la compresión antes mencionada.

3.3.1 Velocidad máxima, mínima y de autolimpieza.

Si la velocidad mínima es inferior a la velocidad de autolimpieza entonces se tendría problemas de sedimentación de los sólidos y taponamiento de la tubería, si la velocidad en la tubería es mayor que la máxima permisible por el material esta causa erosión de las paredes del colector. Por lo tanto, como se menciona anteriormente la velocidad mínima por norma es 0.6m/s. y la velocidad máxima inferior a la permisible por el material seleccionado

3.3.2 Pendiente y ubicación.

Como se muestra anteriormente la pendiente mínima es la que permita las condiciones de autolimpieza del colector por lo que las tuberías o los tramos del colector se modificarán de manera que se alcance esta condición.

Los pozos de revisión se ubicarán en todo cambio de pendiente o de dirección del flujo.

3.4 Diseño hidráulico del colector

Se lo ha realizado con las consideraciones de diseño antes detalladas, el colector inicia su recorrido en el pozo uno (PZ1) con una tubería de 400 mm en PVC corrugado, posteriormente cuando el colector toma el primer paso elevado entre los pozos (PZ6 Y PZ7) la tubería seleccionada es de acero y con un diámetro interno de 600mm, así hasta el pozo PZ 13 en donde se adopta un colector rectangular de hormigón armado.

La distancia máxima entre pozos es de 89.66 m. en el tramo del túnel y en el colector la distancia máxima es de 78.68 m entre los pozos (PZ21 Y PZ22).

Con respecto a las profundidades máximas de pozos se tiene 12.56 m. en el pozo PZ 77 (pozo especial) que corresponde al inicio del túnel.

El colector ha sido modelado con una resistencia a la compresión simple de $f'c=$ 280kg/cm² con una velocidad permisible de 7.5 m/s.

El caudal pluvial y sanitario que viaja por el colector en el margen izquierdo de la quebrada Calihuaycu parte con 182.9l/s. y a medida que este avanza aguas abajo se va acumulando por la contribución de sus áreas de aportación, así como por los aportes de los colectores secundarios en la parte urbana de Pintag que son considerados como aportes de microcuencas a lo largo de la urbe y los caudales pluviales y sanitarios han sido calculados en función del método racional. VER ANEXO 11.

En la tabla siguiente se muestra el caudal calculado por aporte de microcuencas y el pozo al que este aporta.

Tabla 26 Caudal por aporte de microcuencas.

Microcuencas	AREA	Cota Sup	Cota Inf	Caudal	Pozo al que Aporta
N	Ha	msnm	msnm	L/S	
1	1.87	2952	2860	159.4	PZ-58
2	17.78	2885	2808	1687.11	PZ 61
3	12.67	2860	2800	1202.38	PZ 61
4	18.62	2846	2750	1688.89	PZ 110

Fuente: Autores

Después de haber acumulado los caudales a lo largo de su recorrido se llega al pozo PZ61 en donde se propone derivar 2500 l/s en una estructura de separación de caudales.

Al final en un punto antes de la descarga se deriva el restante del caudal pluvial 4337.1 l/s. y quedándose el colector con el caudal sanitario a tratar de 20.66l/s y una sección rectangular de b/d=0.5/0.5 (m.) esto con el fin de llevar a la descarga únicamente el caudal sanitario.

El cálculo del colector (VER ANEXO 12) se ha realizado haciendo un análisis hidráulico estático y se ha empleado para el cálculo la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{R^{2/3} \times J^{0.5}}{n} \times A \quad (3.1)$$

Donde:

- Q caudal calculado (m^3/s)
- R radio hidráulico (m)
- J gradiente hidráulica
- N rugosidad de Manning
- A área transversal de la sección de la tubería.

El diseño se ha realizado mediante una hoja de cálculo mostrada en el ANEXO 12. Estos valores han sido comprobados mediante la modelación del mismo colector en un software especializado en alcantarillado (SEWERCAD), obteniendo iguales resultados en ambos casos de lo que podemos concluir que el diseño hidráulico es confiable.

3.5 Dimensionamiento de la sección y profundidad de los conductos

Las tablas de ubicación de pozos se encuentran en el ANEXO 12, El tipo de sección, profundidad de los conductos, los resultados de cálculo y los resultados obtenidos de SEWERCAD se muestran en las tablas 27,28,29,30.

Tabla 27 Secciones de las tuberías

Sección		Longitud (m)	Porcentaje (%)	Tipo de tubería
D (mm)	400	113.15	2.73	PL
	600	28.78	0.69	AC
	600	294.88	7.12	PL
B (mm)	H (mm)			
700	900	617.88	14.92	HA
800	900	991.89	23.95	HA
800	1000	161.62	3.90	HA
1000	1100	1169.38	28.23	HA
1200	1400	640.95	15.48	HA
1000		123.14	2.97	AC
SUMA:		4141.67	100	

Fuente: Autores.

Se muestra en la tabla anterior el tipo de sección obtenida después de los cálculos realizados y la longitud de cada una de estas.

Tabla 28 Pozos de salto.

Pozos de salto						
Pozo	H (m)	Salto (m)	H total de pozo (m)	Dimensión		Tipo
				B o D (m)	H (m)	
PZ8	2.00	1	3.00	0.6		II
PZ21	3.02	1	4.02	0.7	0.9	II
PZ31	1.68	1	2.68	0.8	0.9	II
PZ25	4.00	1.5	5.50	0.7	0.9	II
PZ40	1.84	1.5	3.34	0.8	0.9	II
PZ44	4.31	1.5	5.81	0.8	0.9	II
PZ37	4.50	1.9	6.40	0.8	0.9	II
PZ2	1.84	3	4.84	0.4		II
PZ3	1.84	3	4.84	0.4		II
PZ4	1.34	3	4.34	0.4		II
PZ5	1.34	3	4.34	0.4		II
PZ6	1.34	3	4.34	0.4		II
PZ30	2.81	3	5.81	0.8	0.9	II

Fuente: Autores.

Los pozos de salto tipo II se plantean en la normativa EMAAP-Q (2009). Para saltos de altura máxima de 3 metros y secciones de conductos menores a 1.5 metros.

3.5.1 Procedimiento de cálculo de alcantarillado sanitario y pluvial.

Para el ejemplo de cálculo del caudal de diseño se lo obtendrá mediante la hoja de Excel mostrada en el ANEXO 12, donde se tomará un tramo comprendido entre los pozos PZ 18 – PZ 19.

Se inicia con datos previos para los cálculos tanto para caudal de alcantarillado sanitario como pluvial.

Tabla 29 Datos para el cálculo.

Datos	
Densidad poblacional	85 hab/Ha
Dotación de agua potable	210 l/hab/día
Coeficiente de rugosidad de Manning	0.013
Coeficiente de escorrentía	0.36

Fuente: Autores.

3.5.1.1 Cálculo de caudal sanitario.

Para obtener dicho caudal ubicado en la columna L de la hoja de Excel utilizaremos la siguiente ecuación

$$Q_{san} = d_{neta} * D * Ard * R / 86400 \quad (3.2)$$

Dónde:

d_{neta} : Dotación neta por habitante (l/ha-día)

$$d_{neta} = 210 \text{ l/hab-día}$$

D: Densidad poblacional futura (hab/Ha).

$$D = 85 \text{ hab/Ha}$$

Ard: Área residencial bruta de drenaje sanitario (Has)

El área acumulada en el tramo del PZ18 – PZ19 es de 14.82 Ha

P: Población (hab)

La población futura para dicho tramo se lo realizara de la siguiente manera:

$$P = D \times Ard$$

$$P = 85 \text{ hab/Ha} \times 14.82 \text{ Ha}$$

$$P = 1260 \text{ hab}$$

R: Coeficiente de retorno (adimensional).

$$R = 0.8$$

De los resultados obtenidos procedemos a reemplazar en la ecuación Q_{san}

$$Q_{san} = \frac{210 \times 85 \times 14.82 \times 0.8}{86400}$$

$$Q_{san} = 2.45 \text{ l/s}$$

Para obtener el Q_{san1} ubicado en la columna N mostrada en la hoja de Excel multiplicaremos el Q_{san} por un coeficiente de mayoración $k=2.66$

$$Q_{san1} = Q_{san} \times K$$

$$Q_{san1} = 2.45 \frac{l}{s} \times 2.66$$

$$Q_{san1} = 6.51 \text{ l/s}$$

Caudal de infiltración (Q_{inf}) ubicado en la columna O será determinado mediante la multiplicación del 10% del área acumulada en el tramo

$$Q_{inf} = 10\% \times 14.82 \text{ Ha}$$

$$Q_{inf} = 1.48 \text{ l/s}$$

El caudal mínimo ubicado en la columna P será el resultado de la suma del Q_{san1} y Q_{inf} , el cual deberá ser mayor a 1.5 l/s.

$$Q_m = Q_{san1} + Q_{inf}; Q_m \geq 1.5 \text{ l/s}$$

$$Q_m = 6.51 \frac{l}{s} + 1.48 \frac{l}{s}$$

$$Q_m = 8.00 \frac{l}{s}$$

3.5.1.2 Cálculo de caudal pluvial.

En la columna J de la hoja de cálculo en Excel tenemos el caudal pluvial (Q_p) donde se lo calculará mediante la siguiente ecuación

$$Q_p = \frac{C \times I \times A}{0.36}$$

Donde:

Q_p = Caudal pluvial (l/s).

C = Coeficiente de escorrentía.

$$C = 0.36$$

I = Intensidad de precipitación (mm/h)

$$I = \frac{(39.9 \times T^{0.09}) \times [ln(tc + 3)]^{5.38} \times (ln \times T)^{0.11}}{t^{1.93}}$$

Donde:

(3.3)

T período de retorno correspondiente a 5 años

tc corresponde al tiempo de concentración en minutos, acumulados en cada tramo del colector, donde en el tramo PZ 17 – PZ 18 se obtuvo 13.95, a este valor se le sumará el tiempo de flujo del mismo tramo en minutos, y así se obtendrá en tc del PZ 18 – PZ 19.

$$tc = 13.92 + \frac{\left(\frac{d}{v}\right)}{60}$$

Donde: (3.4)

d distancia del tramo PZ 17 – PZ 18 que es de 52.49 m

v velocidad a tubería llena del tramo PZ 17 – PZ 18 es de 2.53 m/s

$$tc = 13.96 + \frac{\left(\frac{52.49}{2.53}\right)}{60}$$

$$tc = 14.31 \text{ min}$$

Reemplazando los valores de período de retorno (T) y tiempo de concentración (tc) en la ecuación de intensidad de precipitación (I) se obtiene.

$$I = \frac{(39.9 \times 5^{0.09}) \times [\ln(14.31 + 3)]^{5.38} \times (\ln \times 5)^{0.11}}{(14.31)^{1.93}}$$

$$I = 80.24 \text{ mm/h}$$

A = Área de la cuenca de aporte (Ha).

$$A = 14.82 \text{ Ha}$$

Por tanto:

$$Qp = \frac{0.36 \times 80.24 \times 14.82}{0.36}$$

$$Qp = 1189.0 \text{ l/s}$$

El caudal de diseño ubicado en la columna Q se lo obtiene de la sumatoria del caudal sanitario y pluvial

$$Qd = Qm + Qp$$

$$Qd = 8.0 \frac{l}{s} + 1189.0 \frac{l}{s}$$

$$Qd = 1197.0 \text{ l/s}$$

3.5.1.3 Diseño del colector.

Con el caudal de diseño obtenido procedemos al diseño del colector a tubería llena, por tanto, se inicia por un diámetro calculado ubicado en la hoja de Excel en la columna R con la siguiente ecuación de Manning despejada

$$Dc = \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} \times Qd \times n}{\pi \times J^{\frac{1}{2}}} \right)^{0.375}$$

Donde:

Dc diámetro calculado (m)

Qd caudal de diseño (m³/s)

$$Qd = 1197.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

n Rugosidad de Manning

$$n = 0.013$$

j pendiente de tramo PZ 18 – PZ19 adoptada

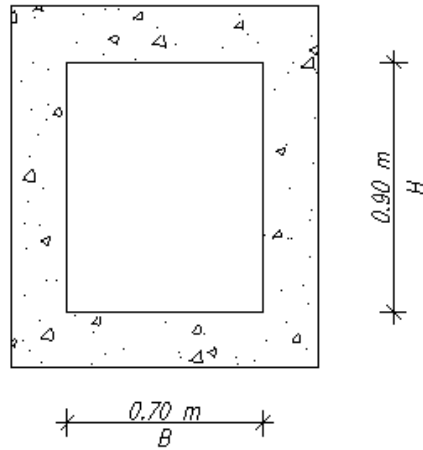
$$J = 0.85\%$$

Reemplazamos los valores obtenidos en la ecuación despejada de Manning para obtener el diámetro calculado (Dc)

$$Dc = \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} \times 1197.0 \times 0.013}{\pi \times (0.85\%)^{\frac{1}{2}}} \right)^{0.375}$$

$$Dc = 0.79 \text{ m}$$

Para el ejemplo de diseño del alcantarillado del tramo propuesto realizaremos un colector combinado rectangular con dimensiones adoptadas de B= 0.70 m y H=0.90 m localizados en la hoja de cálculo Excel en la columna S y T respectivamente.



A área del colector ubicado en la columna V (m^2)

$$A = B \times H$$

$$A = 0.7 \text{ m} \times 0.9 \text{ m}$$

$$A = 0.63 \text{ m}^2$$

P perímetro del colector ubicado en la columna W (m)

$$P = B + 2H$$

$$P = 0.7 \text{ m} + 2(0.9) \text{ m}$$

$$P = 2.50 \text{ m}$$

Rh Radio hidráulico del colector a tubería llena localizado en la columna X (m)

$$Rh = \frac{A}{P}$$

$$Rh = \frac{0.63 \text{ m}^2}{2.50 \text{ m}}$$

$$Rh = 0.252 \text{ m}$$

V Velocidad del colector a tubería llena ubicada en la columna Y (m/s)

$$Vll = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times (J)^{0.5}}{n}$$

$$Vll = \frac{(0.252)^{\frac{2}{3}} \times (0.85\%)^{0.5}}{0.013}$$

$$Vll = 2.83 \text{ m/s}$$

Qtubll Caudal del colector a tubería llena (l/s)

$$Qtubll = Vll \times A$$

$$Qtubll = 2.83 \frac{m}{s} \times 0.63 m^2$$

$$Qtubll = 1.78 m^3/s$$

La obtención del calado Y ubicado en la columna AC se utilizó por medio de la iteración de las columnas BA, BB y BC.

BA obtenemos la velocidad de diseño mediante la ecuación de Manning

$$Vdis = \frac{\left(\frac{B \times Y}{B + 2Y}\right)^{\frac{2}{3}} \times (J)^{0.5}}{n}$$

BB valor de calado Y a iterar hasta igualar con BC

BC $f_{(Y)}$, valor en función del calado Y

$$f_{(Y)} = \frac{Qd}{B \times Vdis}$$

Si Y = 0.648 m

Reemplazamos el valor de Y, y las demás componentes ya conocidas anteriormente en la ecuación de Manning de la columna BA para obtención de la velocidad de diseño

$$Vdis = \frac{\left(\frac{0.70 \times 0.648}{0.70 + 2(0.648)}\right)^{\frac{2}{3}} \times (0.85\%)^{0.5}}{0.013}$$

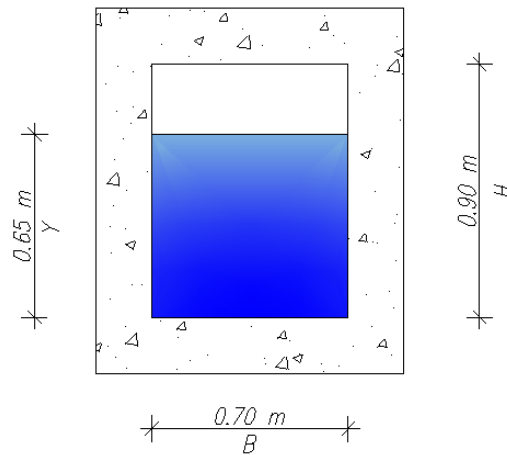
$$Vdis = 2.641 m/s$$

Reemplazamos el valor de Vdis en la ecuación de la columna BC para la verificación de la igualdad de iteración

$$f_{(Y)} = \frac{1197.0}{0.70 \times 2.641}$$

$$f_{(Y)} = 0.648$$

Por tanto, el valor de calado es de 0.648 m, con una velocidad de diseño de 2.64 m/s en el tramo. En caso de no coincidir los valores de Y con $f_{(Y)}$ se debe seguir iterando hasta encontrar la igualdad.



A_m área mojada ubicado en la columna AE

$$A_m = B \times Y$$

$$A = 0.7 \text{ m} \times 0.648 \text{ m}$$

$$A = 0.454 \text{ m}^2$$

P_m perímetro mojado ubicado en la columna AF

$$P = B + 2Y$$

$$P = 0.7 \text{ m} + 2(0.648) \text{ m}$$

$$P = 1.996 \text{ m}$$

R_{hm} radio hidráulico mojado ubicado en la columna AG

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

$$R_h = \frac{0.454 \text{ m}^2}{1.996 \text{ m}}$$

$$R_h = 0.227 \text{ m}$$

$\frac{Q_{dis}}{Q_{tubll}}$ relación de caudal de diseño para caudal a tubería llena localizado en columna AH

$$\frac{Q_{dis}}{Q_{tubll}} = \frac{1197.0}{1.78} = 0.67$$

$\frac{V_d}{V_{ll}}$ relación entre la velocidad de diseño y caudal a tubería llena, ubicado en la columna

AI

$$\frac{V_{dis}}{V_{ll}} = \frac{2.64}{2.83} = 0.93$$

La velocidad mínima (V_{min}) que se encuentra en la columna AK se lo realizo con un proceso de iteraciones similar al de velocidad de diseño, a diferencia de la ecuación de $f_{(Y_{min})}$, en el cual tomaremos un 5% de caudal pluvial en reemplazo del caudal de diseño.

En este cálculo a más de la velocidad mínima, mediante las iteraciones obtendremos el calado mínimo (Y_{min}) del tramo.

BF velocidad mínima obtenida mediante la ecuación de Manning

$$V_{min} = \frac{\left(\frac{B \times Y_{min}}{B + 2Y_{min}} \right)^{\frac{2}{3}} \times (J)^{0.5}}{n}$$

BD valor de calado mínimo (Y_{min}) a iterar hasta igualar con BE

BE $f_{(Y_{min})}$, valor en función del calado mínimo (Y_{min})

$$f_{(Y_{min})} = 0.05 \times \frac{Q_p}{B \times V_{min}}$$

Si $Y_{min} = 0.076$ m

Reemplazamos el valor de Y_{min} , y las demás componentes ya conocidas anteriormente en la ecuación de Manning de la columna BF para obtención de la velocidad mínima

$$V_{min} = \frac{\left(\frac{0.70 \times 0.076}{0.70 + 2(0.076)} \right)^{\frac{2}{3}} \times (0.85\%)^{0.5}}{0.013}$$

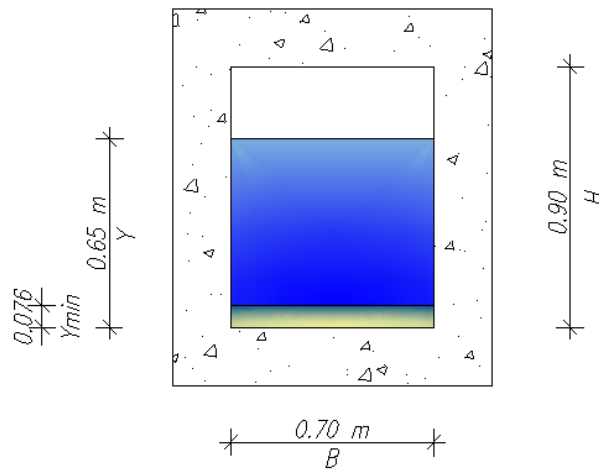
$$V_{min} = 1.12 \text{ m/s}$$

Reemplazamos el valor de V_{dis} en la ecuación de la columna BC para la verificación de la igualdad de iteración

$$f_{(Y)} = 0.05 \times \frac{1.19}{0.70 \times 1.12}$$

$$f_{(Y)} = 0.076$$

Por tanto el valor de calado mínimo es 0.076 m con una velocidad mínima de 1.12 m/s en caso de no coincidir los valores de Y_{min} con $f_{(Y_{min})}$ se debe seguir iterando hasta encontrar la igualdad.



Calculo de parámetros hidráulicos para calado mínimo localizados en las columnas BH, BI y BJ

A_{min} área mojada ubicado en la columna BH

$$A_m = B \times Y_{min}$$

$$A = 0.7 \text{ m} \times 0.076 \text{ m}$$

$$A = 0.053 \text{ m}^2$$

P_m perímetro mojado ubicado en la columna BI

$$P = B + 2Y_{min}$$

$$P = 0.7 \text{ m} + 2(0.076) \text{ m}$$

$$P = 0.852 \text{ m}$$

R_{hm} radio hidráulico mojado ubicado en la columna BJ

$$Rh_{min} = \frac{A_{min}}{P_{min}}$$

$$Rh_{min} = \frac{0.053 \text{ m}^2}{0.852 \text{ m}}$$

$$Rh_{min} = 0.06 \text{ m}$$

La velocidad crítica (V_{cr}) ubicada en la columna AL

$$V_{cr} = \sqrt{9.81 \times Y}$$

$$V_{cr} = \sqrt{9.81 \times 0.648}$$

$$V_{cr} = 2.52 \text{ m/s}$$

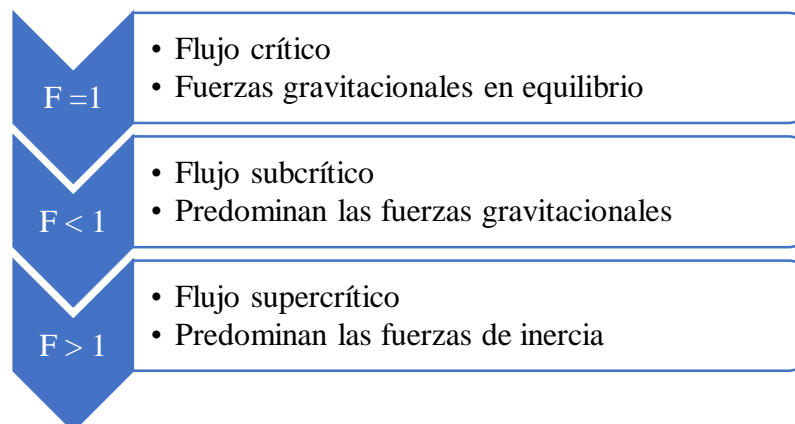
Froude columna AM

$$F = \frac{Vd}{V_{cr}}$$

$$F = \frac{2.64}{2.52}$$

$$F = 1.05$$

Tipo de flujo columna AN, este depende del número de Froude anteriormente mencionado



En nuestro tramo de ejemplo tenemos un número de Froude de 1.05 que no indica que tenemos un flujo supercrítico.

Esfuerzo cortante medio (τ) ubicado en la columna AO, este parámetro nos permite verificar el comportamiento autolimpiante del flujo para lo cual debe ser mayor a $0.10 \frac{kg}{m^2}$

$$\tau = \gamma_{agua} \times Rh_{min} \times J$$

$$\tau = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 0.06 m \times 0.85\%$$

$$\tau = 0.51 \frac{kg}{m^2} > 0.10 \frac{kg}{m^2}$$

En las columnas AP y AQ tendremos las cotas del terreno aguas arriba y aguas abajo respectivamente

$$C T \text{ aguas arriba} = 2843.221 \text{ msnm}$$

$$C T \text{ aguas abajo} = 2844.956 \text{ msnm}$$

El cálculo de la cota aguas arriba del colector localizada en la columna AR, será igual a la cota del terreno aguas arriba menos la profundidad aguas arriba de la columna AT.

Esta profundidad aguas arriba es igual a la del tramo anterior, cabe mencionar que si existiera un salto este también será sumado.

$$C C \text{ aguas arriba} = C T \text{ aguas arriba} - \text{Prof aguas arriba}$$

$$C C \text{ aguas arriba} = 2843.221 - 2.62$$

$$C C \text{ aguas arriba} = 2840.6 \text{ msnm}$$

La cota del colector aguas abajo de la columna AU se la obtuvo mediante la cota del terreno aguas arriba menos el desnivel que existe en el tramo ubicado en la columna AW, para lo cual dicho desnivel se lo calculo con la siguiente ecuación.

$$\text{Desnivel} = \frac{L \times J}{100}$$

$$\text{Desnivel} = \frac{31.26 \times 0.85}{100}$$

$$\text{Desnivel} = 0.27 \text{ m}$$

$$C C \text{ aguas abajo} = C C \text{ aguas arriba} - \text{denivel}$$

$$C C \text{ aguas abajo} = 2840.6 - 0.27$$

$$C C \text{ aguas abajo} = 2840.33 \text{ msnm}$$

Salto ubicado en la columna AV

$$\text{Salto} = 0 \text{ m}$$

3.5.1.4 Resultados.

Tabla 30 Resultados hoja de cálculo PZ1-PZ6

DESCRIPCION DEL TRAMO			CAUDAL	DISEÑO DE COLECTOR										COTAS				PROFUNDIDAD				TIPO	
POZO			DISEÑO	D	B o D	J			v	v	v		Flujo	t > 0.1	TERRENO		COLECTOR		AGUAS		SALTO	Desnivel	DE
DE	A	L	(q1 + q2)	(calculado)	adoptado	%	Qdis/Q	v/V	diseño	minima	critica	froude			AGUAS		AGUAS		ARRIBA	ABAJO		Delta	TUBERIA
		m	lts/s	m	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)				ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	(m)	(m)	(m)	(m)	
PZ1	PZ2	11.51	182.9	0.24	0.4	12.5	0.25	0.82	4.79	1.08	1.14	4.21	SUPERCritICO	OK	2916.483	2913.386	2912.983	2911.544	3.5	1.842	3	1.439	PL
PZ2	PZ3	38.34	186.5	0.20	0.4	32.8	0.16	0.72	6.8	1.34	1.01	6.73	SUPERCritICO	OK	2913.386	2897.806	2908.544	2895.97	4.842	1.836	3	12.574	PL
PZ3	PZ4	20.00	188.2	0.19	0.4	39.3	0.14	0.70	7.28	1.46	0.99	7.35	SUPERCritICO	OK	2897.806	2886.445	2892.97	2885.11	4.836	1.335	3	7.86	PL
PZ4	PZ5	20.00	190	0.20	0.4	36.3	0.15	0.72	7.15	1.41	1.01	7.08	SUPERCritICO	OK	2886.445	2876.189	2882.11	2874.85	4.335	1.339	3	7.26	PL
PZ5	PZ6	23.31	192.1	0.21	0.4	28.23	0.17	0.75	6.58	1.24	1.05	6.28	SUPERCritICO	OK	2876.189	2866.612	2871.85	2865.271	4.339	1.341	3	6.579	PL
PZ6	PZ7	28.78	193.9	0.33	0.6	2.3	0.21	0.78	2.56	0.61	1.33	1.93	SUPERCritICO	OK	2866.612	2863.648	2862.271	2861.609	4.341	2.039	0	0.662	PASO AC

Fuente: Autores.

Tabla 31 Resultados SEWERCAD PZ1-PZ6

Start Node	Invert (Start) (m)	Stop Node	Invert (Stop) (m)	Length (Scaled) (m)	Slope (Calculated) (%)	Section Type	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
PZ-01	2.912.98	PZ-02	2.911.54	11.6	12.45	Circle	400	91.45	3.98
PZ-02	2.908.54	PZ-03	2.895.97	38.3	32.80	Circle	400	184.7	6.89
PZ-03	2.892.97	PZ-04	2.885.11	20	39.30	Circle	400	187.35	7.38
PZ-04	2.882.11	PZ-05	2.874.85	20	36.30	Circle	400	189.1	7.19
PZ-05	2.871.85	PZ-06	2.865.27	23.3	28.23	Circle	400	191.05	6.6
PZ-06	2.862.27	PZ-07	2.861.61	28.8	2.30	Circle	600	193	2.6

Fuente: Autores.

Las tablas 30 y 31 muestran los resultados del diseño hidráulico del colector tanto en la hoja de cálculo utilizada como en el software Sewercad únicamente entre los pozos (PZ1-PZ6). Los resultados de todo el colector se pueden encontrar en el ANEXO 12.

3.6 Diseño de estructuras hidráulicas.

De los resultados del diseño hidráulico anterior se desprende que se tiene un total de 112 pozos a lo largo del colector de los cuales en 13 pozos se tiene salto hidráulico que va desde 1 metro hasta 3 metros como se puede apreciar en la tabla 28.

Además, se tiene 21 pozos que se consideran pozos especiales porque: superan la altura de 6 metros o están a la entrada y salida del túnel considerado.

En este sub capítulo también se diseña estructuralmente el colector combinado, los pozos de salto y de revisión, los derivadores de caudal y los pasos elevados

3.6.1 Cargas y estados de cargas.

En este subcapítulo se analiza las cargas y los estados de carga con las que se diseñará las estructuras que componen el sistema de conducción de aguas servidas y aguas lluvias, como: pasos elevados, pozos de salto, pozos de revisión especiales y el colector combinado.

3.6.1.1 Cargas

Para determinar los estados de carga en las estructuras a diseñarse se consideran las siguientes solicitudes:

3.6.1.1.1 Carga muerta.

Estas consisten en el peso propio, es decir, de todos los elementos que componen la estructura y que serán permanentes durante todo el periodo de diseño.

Para determinar estas cargas se utilizan los pesos específicos de los materiales con los que se ha diseñado cada componente del sistema como el acero estructural A36 y el hormigón armado con pesos específicos de 7.85 T/m^3 y 2.4 T/m^3 respectivamente.

3.6.1.1.2 Sobre carga muerta (peso del agua).

La sobre carga muerta del peso del agua que será permanente durante todo el periodo de diseño se considera como una carga vertical rectangular y se la calcula como la densidad específica del agua multiplicado por el área de la sección transversal a tubo lleno para el diseño de los pasos elevados mientras que para el diseño del colector se considera únicamente la carga que ejerce el agua hasta el calado promedio en toda su longitud.

Cuando la fuerza que ejerce el agua es horizontal como en el caso de muros de pozos de revisión o pozos de salto se tomará a esta magnitud como un diagrama triangular de fuerza de presión hidrostática.

3.6.1.1.3 Carga viva.

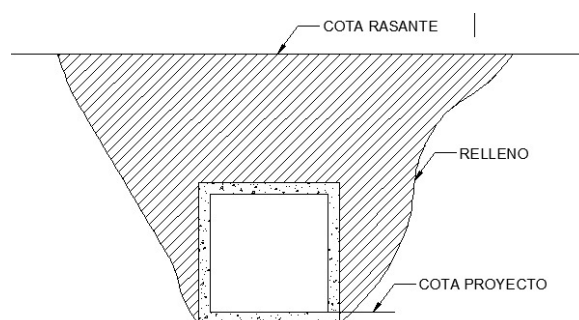
Las cargas vivas a considerarse serían las provenientes por tráfico, montaje y mantenimiento. Pero en este caso no se tomará en cuenta las cargas de tráfico ya que el colector se encuentra junto a la quebrada Calihuaycu y no recibirá solicitaciones de este tipo. Además de la profundidad de los conductos que superan los 4 metros hacen que se desprecie este valor.

La carga viva por montaje, construcción y mantenimiento será de 100 kg/m^2

3.6.1.1.4. Cargas debidas al empuje de suelos.

Los pozos de salto, pozos de revisión y el colector están sometidos a fuerzas laterales y verticales por empuje de una masa de suelo.

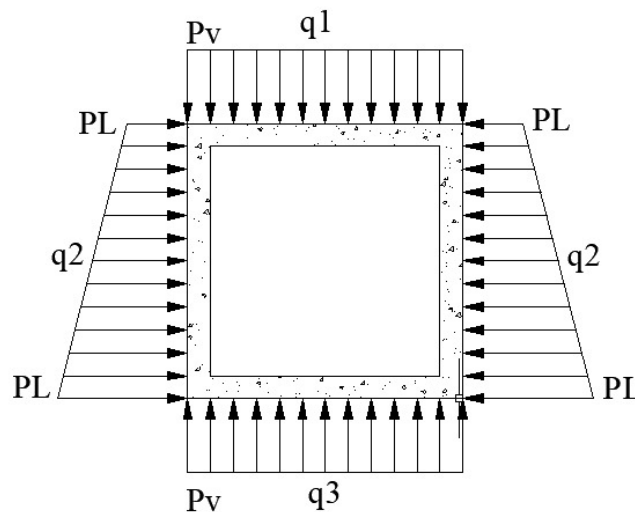
Ilustración 9 Sección típica del colector.



Fuente: Autores.

Las cargas debidas al empuje de suelos están distribuidas vertical y horizontalmente, cuando son verticales se toman como un diagrama rectangular mientras que cuando son horizontales su diagrama será triangular en el caso de pozos de revisión y trapezoidal en el colector como se muestra en las siguientes figuras.

Ilustración 10 Diagramas de presión en el colector.

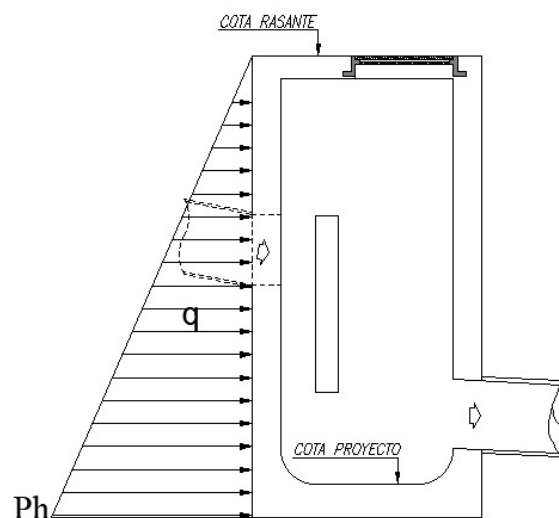


Fuente: Autores

Donde:

q Presión del área del diagrama.

Ilustración 11 Diagrama de presión lateral en pozos.



Fuente: Autores

Las presiones actuantes en las estructuras a diseñarse resultan del cálculo de las áreas de los diagramas mostrados en las ilustraciones 10 y 11. Teniendo así que la fuerza (q2) resulta del cálculo del área del trapecio donde (PL) corresponde a las componentes de las fuerzas laterales a distinta profundidad.

Para (q1 y q3) se tiene un rectángulo que resultará de la fuerza vertical (Pv) multiplicado por el ancho del colector.

Las componentes de las fuerzas laterales y verticales se calculan de la siguiente manera:

- Cuando el muro en análisis tenga restricción de movimiento o esté impedido de rotar la presión lateral de tierra está dada por la siguiente ecuación:

$$P_L = k_o * (\gamma * z) \quad (3.8)$$

Donde:

P_h Presión horizontal de tierra.

k_o Coeficiente de presión de tierra en reposo.

γ Peso específico del suelo.

Z Profundidad a la que se calcula la presión.

\emptyset Ángulo de fricción del suelo.

$$k_o = 1 - \text{sen } \emptyset \quad (\text{Jaky 1944})^{29} \quad (3.9)$$

- Cuando los muros están libres de rotar se cambia el coeficiente de tierra en reposo (k_o) por el coeficiente de presión activa (k_a).

$$k_a = \frac{1 - \text{sen} \emptyset}{1 + \text{sen} \emptyset} \quad (\text{Rankine 1857})^{30} \quad (3.10)$$

- Si existe la presencia de nivel freático se calculará la fuerza lateral que ejerce el agua como se lo ha mencionado anteriormente por peso del agua y con la siguiente ecuación:

$$Ph = \gamma_w * h \quad (3.11)$$

²⁹ Braja M. Das, *Fundamentos de la ingeniería geotécnica*, 2001, p. 292.

³⁰ Ídem p. 296.

Donde:

P_h presión lateral hidrostática.

γ_w Peso específico del agua.

h Profundidad a la que se calcula la presión hidrostática.

- Así mismo en la parte interior del colector se calcula la presión del agua sobre los muros. En el siguiente gráfico se muestran los diagramas de presión rectangular y triangular que ejerce el agua dentro del colector sobre las paredes de este.

$$qh_{\Delta} = \frac{1}{2} * \gamma_w * yd^2 \quad (3.12)$$

$$qh_{\blacksquare} = \gamma_w * yd * B \quad (3.13)$$

Donde:

qh presión del diagrama.

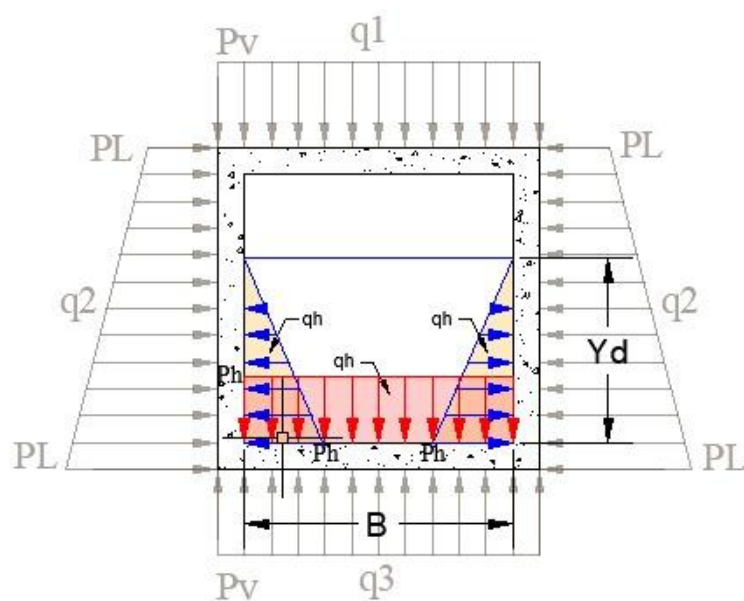
P_h presión hidrostática en el fondo del colector.

γ_w Peso específico del agua.

Y_d Calado hidráulico

B Base hidráulica del colector.

Ilustración 12 Presión hidrostática dentro del colector.



Fuente: Autores.

- La fuerza vertical (P_v) resulta de la ecuación:

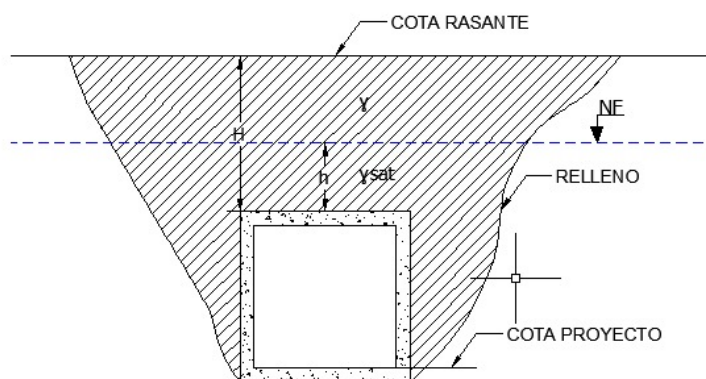
$$P_v = \gamma_{suelo} * h \quad (3.14)$$

Donde:

γ_{suelo} Peso específico del suelo de relleno.

h profundidad a la que se calcula la presión vertical.

- Cuando en el suelo de relleno se encuentra la presencia de agua la presión vertical se calcula de la siguiente manera



$$P_v = \gamma * (H - h) + \gamma_{sat} * h \quad (3.15)$$

Donde:

γ Peso específico natural del suelo.

γ_{sat} Peso específico saturado del suelo.

H Profundidad hasta el colector.

h Profundidad del suelo saturado.

3.6.1.1.5 Carga sísmica.

Se determina mediante la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente NEC 15 para estructuras diferentes a edificaciones.

Las cargas provenientes de sismo son calculadas en función del cortante basal de diseño que para este efecto se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{I * Sa(Ta)}{R} * W \quad (\text{NEC-DS 15}) \quad (3.16)$$

Donde:

V Cortante basal de diseño.

n Coeficiente de amplificación espectral

F_a Coeficiente de amplificación dinámica.

z Factor en función de la zona sísmica.

I factor de importancia de la estructura.

W Carga reactiva de la estructura.

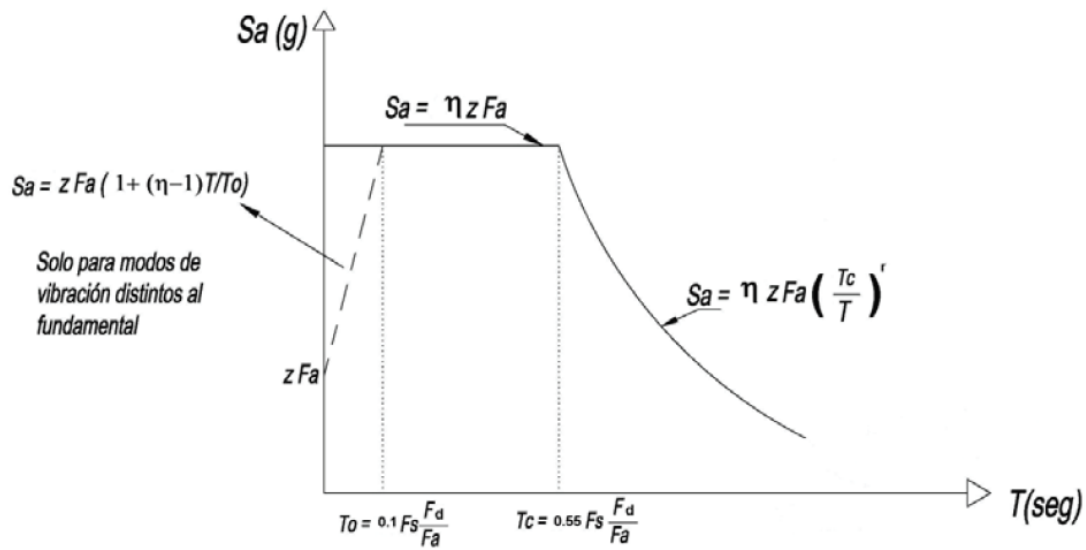
R Factor de reducción de respuesta.

Sa_(Ta) Espectro de diseño en aceleración.

- Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.

El espectro de diseño es una gráfica que muestra la respuesta de la aceleración de la gravedad vs el periodo de vibración expresado en segundos.

Ilustración 13 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.



Fuente: NEC-DS-15

En función del periodo de vibración (T) de la estructura se obtendrá el valor de la aceleración espectral (S_a). En la ilustración 13 se muestran las ecuaciones para dicho cálculo.

Antes de determinar la aceleración espectral es necesario determinar los coeficientes (F_a , F_d , F_s). Para obtener los periodos de vibración límites.

- F_a : Coeficiente de amplificación de suelo en zona de periodo corto.

“Este coeficiente amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástica de aceleraciones para diseño en roca tomando en cuenta los efectos del sitio.”³¹

(NEC-DS-2015)

³¹ NEC-DS-Peligro sísmico, Diseño sismo resistente, 2015, p. 31.

Tabla 32 Coeficiente de amplificación del suelo Fa.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	>0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1	0.85

Fuente: NEC-DS-15

- Fd: Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para el diseño en roca.

Tabla 33 Valores del coeficiente Fd.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	>0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.25	1.19	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.3	1.36	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.25	1.7	1.6	1.5

Fuente: NEC-DS-15

Fs: Comportamiento no lineal de los suelos

“Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica de los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamiento.”³²

(NEC-DS, 2015)

³² NEC-DS-15. Op. Cit. p.32.

Tabla 34 Valores del coeficiente F_s .

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	>0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.4
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Fuente: NEC-DS-15

Con los valores de (F_d, F_a, F_s) se determinan los periodos límites (T_o) y (T_c), luego se calcula el periodo de vibración de la estructura (T) situando el valor en una región del espectro elástico horizontal y obteniendo así la aceleración espectral (S_a). Se utilizan las siguientes ecuaciones.

$$T_o = 0.1 * F_s * \frac{F_d}{F_a} \quad \text{NEC-DS.} \quad (3.17)$$

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a} \quad \text{NEC-DS.} \quad (3.18)$$

- Periodo de vibración de un puente simplemente apoyado (T)

Para la determinación del periodo de vibración se empleará el método simplificado o de carga uniforme (MCU).

“En este método el Puente se modela como un sistema de un grado de libertad que tiene rigidez k y masa m ; de tal manera que el período fundamental T se halla aplicando la siguiente ecuación.” (Aguilar, 2011)³³

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W}{g * k}} \quad (3.19)$$

Donde:

W Peso de la superestructura.

³³ AGUILAR Roberto y GUDINO Edison, “Dos métodos simplificados para el análisis sísmico de puentes simplemente apoyados”, Revista, Centro de Investigaciones científicas Escuela Politécnica del Ejercito, año 2011, Vol. 14,3, p.5.”

G Aceleración de la gravedad.

k Rigidez a flexión.

- Factor de importancia

“El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.” (NEC-DS-2015)³⁴

Tabla 35 Factor de importancia.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria, instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil, garajes o estacionamiento para vehículos y aviones que atienden a emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para el depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos químicos u otras sustancias peligrosas	1.5

Fuente: NEC-DS-15

- Factor de zona (z)

“Representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.” (NEC-DS-2015)³⁵

Tabla 36 Factor z para el área de estudio.

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Z
Pintag	Pintag	Quito	Pichincha	0.4

Fuente: NEC-DS-15

³⁴ NEC-DS-15. Op. Cit. p.39

³⁵ NEC-DS-15. Op. Cit. p.16.

- Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica (R)

“El factor R permite una reducción de las fuerzas sísmicas de diseño, lo cual es permitido siempre que las estructuras y sus conexiones se diseñen para desarrollar un mecanismo de falla previsible y con adecuada ductilidad, donde el daño se concentre en secciones especialmente detalladas para funcionar como rótulas plásticas.” (NEC-DS-2015)³⁶

La normativa AASHTO-LRFD 93 recomienda valores para el factor de reducción de resistencia R como se puede ver a continuación.

Tabla 37 Valores recomendados de R según AASHTO-LRFD 93.

SUB-ESTRUCTURA ⁽¹⁾	R			CONEXIONES ⁽³⁾	R
	Crítico	Esencial	Otros		
Pilar tipo muro ⁽²⁾	1.5	1.5	2.0	De la subestructura al estribo	0.8
Pilote de concreto reforzado: a.- Únicamente pilotes verticales b.- Uno o más pilotes inclinados	1.5	2.0	3.0	Junta de expansión de una luz de la subestructura	0.8
	1.5	1.5	2.0		
Columnas individuales	1.5	2.0	3.0	Columnas, pilares o viga cabezal sobre pilotes a la superestructura	1.0
Pilotes de acero o acero compuesto con concreto:				Columna o pilares a la cimentación	1.0
a.- Únicamente pilotes verticales	1.5	3.5	5		
b.- Uno o más pilotes inclinados	1.5	2.0	3		

Fuente: Aguilar y Gudiño

Se adopta para todos los pasos elevados un valor de factor de reducción de resistencia sísmica (R) de 3. Por tratarse de apoyos individuales y en otros casos.

3.6.1.2 Estados de Cargas.

“Con el método LRFD, se forman grupos posibles de cargas de servicio, y cada carga de servicio se multiplica por un factor de carga, normalmente mayor de 1.0. La magnitud del factor de carga refleja la incertidumbre de esta carga específica.” (McCormac y Csernak, 2013)³⁷

Con los máximos valores determinados de estas combinaciones se calculan los momentos, cortantes, reacciones en los apoyos, fuerzas axiales y deflexiones en la estructura.

³⁶ NEC-DS-15. Op. Cit. p.64.

³⁷ McCormac, J. and Csernak, S. (2013). *Diseño de Estructuras de Acero*. 5ta ed. México: Alfaomega, p.56.

En el método LRFD los valores resultantes de las combinaciones de carga no deben superar a las resistencias nominales multiplicadas por su factor de reducción (Φ).

Para el diseño estructural se consideran las siguientes combinaciones de carga:

$$U1=1.4 D$$

$$U2=1.2 D + 1.6 L + 0.5\max[Lr; S ; R]$$

$$U3=1.2 D + 1.6 \max[Lr; S ; R] + \max[L ; 0.5W]$$

$$U4=1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 \max[Lr; S ; R]$$

$$U5=1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S$$

$$U6=0.9 D + 1.0 W$$

$$U7=0.9 D + 1.0 E$$

Donde:

D Carga Muerta.

L Carga Viva.

W Carga de viento.

S Carga de granizo.

R Carga de lluvia.

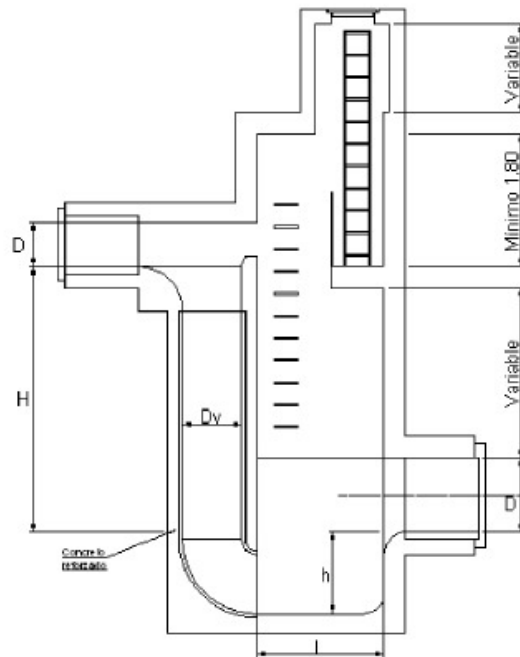
E Carga debida al sismo.

Lr Sobre carga viva de cubierta.

3.6.2 Diseño hidráulico y estructural de pozos de salto.

Los pozos de salto son estructuras rectangulares con una cámara, se utilizan principalmente para vencer desniveles entre la cota de entrada de la tubería y la cota de salida de esta, su diseño hidráulico abarca una pantalla para disipar la energía en la entrada y la cámara y permitir la salida ordenada de los caudales. Mientras que el diseño estructural está ligado con soportar las cargas de empuje de suelos y cargas vivas accidentales. En el siguiente gráfico se muestra un pozo de salto.

Ilustración 14 Pozo de Salto



Fuente: EMAAP-Q, 2009

Estas estructuras son de hormigón armado y se encuentran bajo la rasante, confinadas por suelo, que se considera como un medio elástico para el diseño de su estabilidad como de su cimentación. Se proporciona acero de refuerzo a flexión y por confinamiento en sus dos caras y sus dos sentidos longitudinal y transversal.

Las consideraciones de diseño son las más críticas de cargas actuantes como de indicadores de corte del suelo.

A continuación, se presenta una tabla mostrando las consideraciones de diseño para cada tipo de pozo de salto.

3.6.2.1 Diseño hidráulico de pozos de salto.

Para saltos de altura máxima hasta de 3 metros la normativa vigente EMAAP-Q (2009) plantea dimensiones hidráulicas en función de la caída y el diámetro o altura de la tubería de entrada. En la siguiente tabla se muestran las dimensiones adoptadas del análisis descrito anteriormente.

Tabla 38 Dimensiones hidráulicas de los pozos de salto.

Pozos de salto							Dimensiones hidráulicas de pozos de salto			
Pozo	H (m)	Salto (m)	H total de pozo	Dimensión		Tipo	D tubo vertical o chimenea	Ancho de la cámara	Profundidad del fondo de la cámara	Longitud de la cámara
				B o D (m)	H (m)		(m)			
PZ8	2.00	1	3.00	0.6		II	0.5	0.8	0.35	1.3
PZ21	3.02	1	4.02	0.7	0.9	II	0.75	1.1	0.45	2
PZ31	1.68	1	2.68	0.8	0.9	II	0.75	1.1	0.45	2
PZ25	4.00	1.5	5.50	0.7	0.9	II	0.75	1.1	0.5	2.2
PZ40	1.84	1.5	3.34	0.8	0.9	II	0.75	1.1	0.5	2.2
PZ44	4.31	1.5	5.81	0.8	0.9	II	0.75	1.1	0.5	2.2
PZ37	4.50	1.9	6.40	0.8	0.9	II	0.75	1.1	0.5	2.4
PZ2	1.84	3	4.84	0.4		II	0.5	0.75	0.5	1.6
PZ3	1.84	3	4.84	0.4		II	0.5	0.75	0.5	1.6
PZ4	1.34	3	4.34	0.4		II	0.5	0.75	0.5	1.6
PZ5	1.34	3	4.34	0.4		II	0.5	0.75	0.5	1.6
PZ6	1.34	3	4.34	0.4		II	0.5	0.75	0.5	1.6
PZ30	2.81	3	5.81	0.8	0.9	II	0.75	1.1	0.7	2.6

Fuente: Autores, EMAAP-Q (2009).

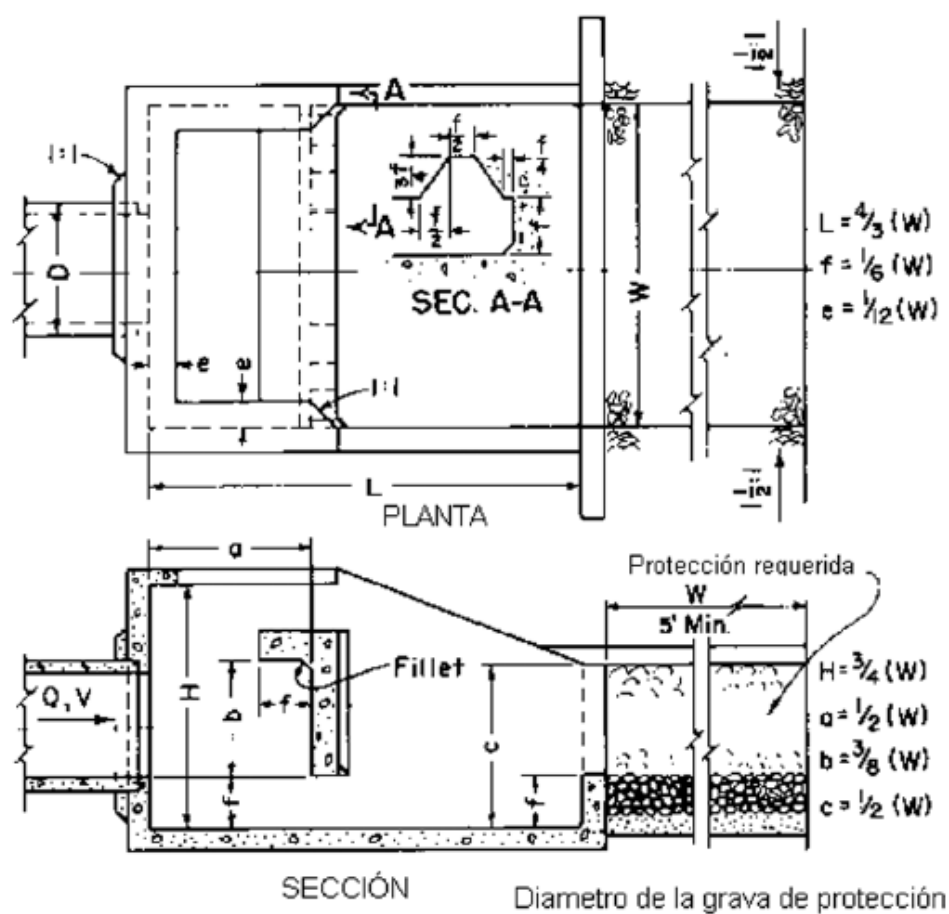
3.6.2.2 Disipadores de pantalla.

Los disipadores de pantalla que propone la normativa con la que se realiza este proyecto son funcionales para números de froude hasta de 9.

“Este disipador se encuentra compuesto por una estructura en forma de caja que contiene una pantalla colgante de hormigón y una solera final. La disipación de energía se produce por el choque del chorro que sale proyectado del tubo de conducción contra los muros de impacto colocados verticalmente”³⁸ (EMAAP-Q, 2009).

³⁸ EMAAP-Q. Op. Cit. p. 123.

Ilustración 15 Esquema de dissipador de pantalla de choque.



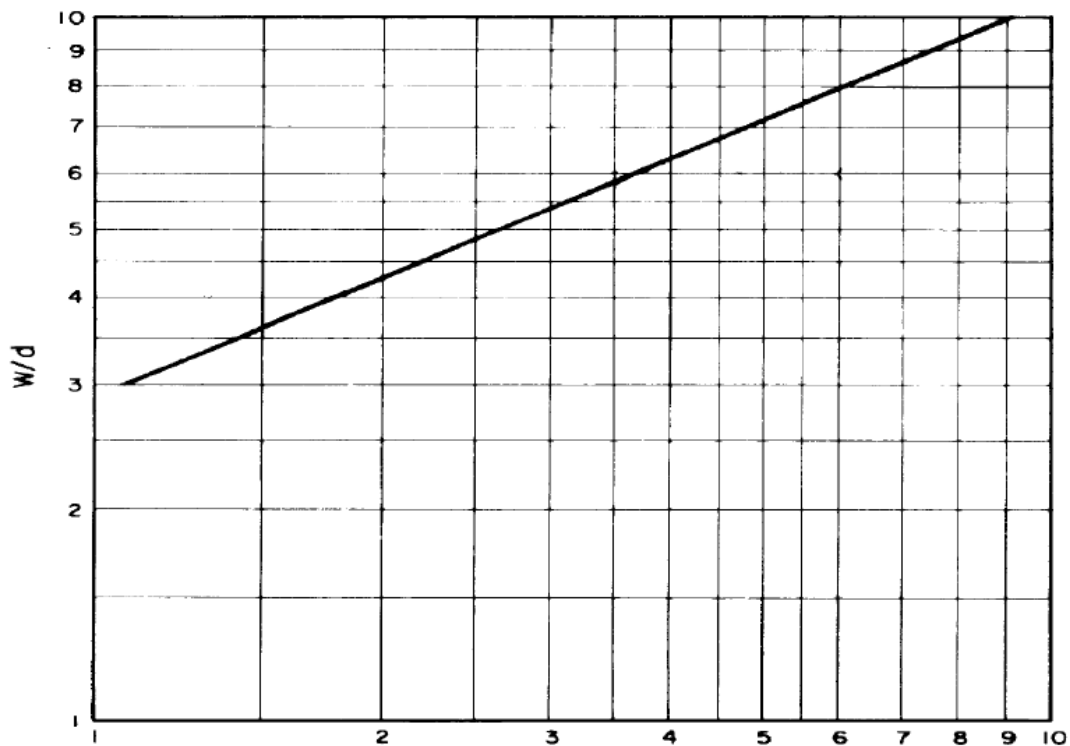
Fuente: EMAAP-Q (2009)

La U.S. Bureau of reclamation plantea este tipo de dissipadores con limitaciones de velocidades hasta de 11m/s y caudales de 15m³/s.

“La disipación se logra por impacto del chorro contra un diente vertical suspendido y por los remolinos formados con el cambio de dirección del chorro después de que este choque con el diente” (Martínez Marín, Batanero Akerman, Martínez Gonzales, Martínez Olmos, & Gonzales Ordóñez, 2007)³⁹

³⁹ MARTINEZ, Eduardo y otros, *Diseño de pequeñas presas*, 1era. Edición, Editorial Bellisco, Madrid, 2007.

Ilustración 16 Diseño del ancho del pozo de salto



Fuente: Diseño de pequeñas presas (2007)

Como se puede observar en la ilustración 17 en las abscisas se ubica el número de Froude calculado en el flujo antes de entrar al dissipador y en las ordenadas se encuentra la relación w/d (ancho del pozo de salto/ diámetro de la tubería de entrada).

La U.S. Bureau of reclamation recomienda que si los valores obtenidos están arriba de la línea que se muestra en la ilustración 14 la obra hidráulica es satisfactoria mientras que si están abajo la obra es inaceptable.

3.6.2.3 Diseño estructural de los pozos de salto.

Para el diseño estructural de los pozos de salto se evalúan mediante elementos finitos en el software SAP-2000. v8 obteniendo armaduras longitudinales y transversales.

Las consideraciones de diseño para los pozos de salto son las siguientes:

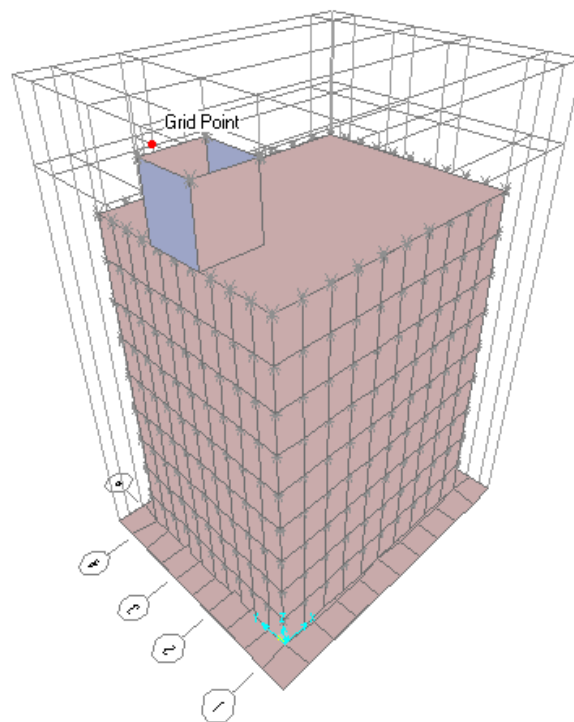
- Los pozos de salto serán de hormigón armado de forma rectangular.
- La resistencia del hormigón a la compresión simple será de $f'_c=240\text{kg/cm}^2$

- Se diseñan como un muro con acero de refuerzo longitudinal y transversal.
- Se toman pozos tipo para el diseño de acuerdo con la profundidad.
- Las cargas vivas sobre el muro serán cargas de empuje de suelos, mantenimiento y construcción.

Las cargas de empuje de suelos son calculadas en base a los resultados del estudio geotécnico para el diseño definitivo del sistema de interceptores para la descontaminación de las quebradas Sacramento, Calihuaycu y Patasillí en su sonde 9.

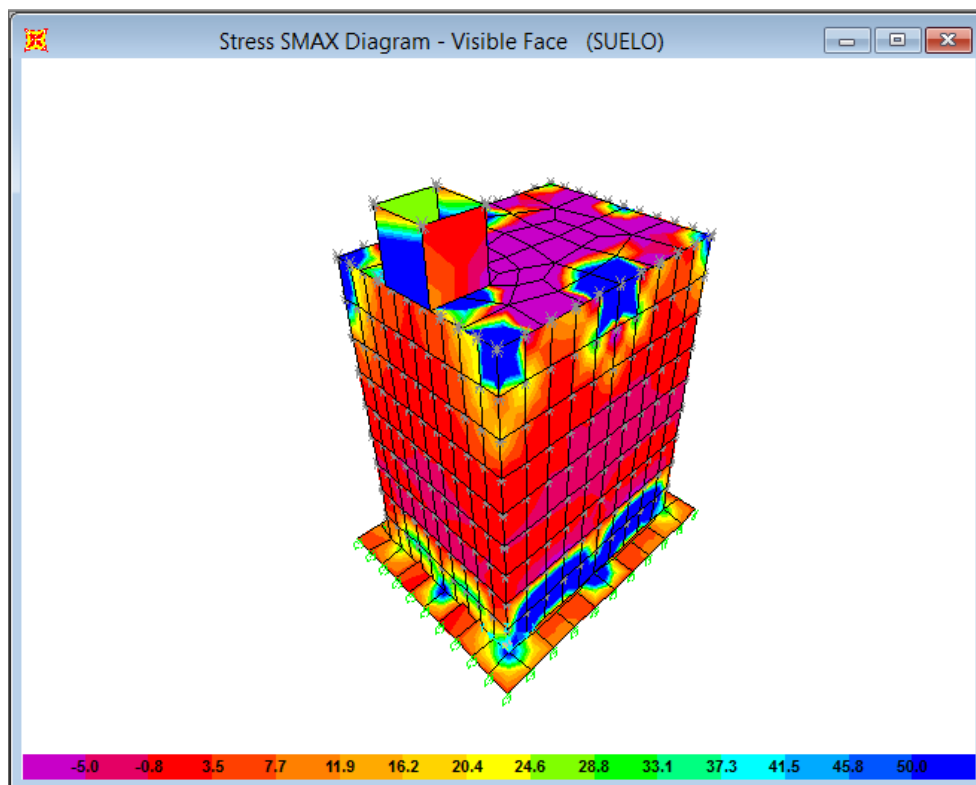
Se usa la hipótesis de Winkler, es decir que se considera al suelo como un medio elástico y se deforma únicamente en la proporción que este está cargado.

Ilustración 17 Modelo SAP-2000 v8.



Fuente: Autores.

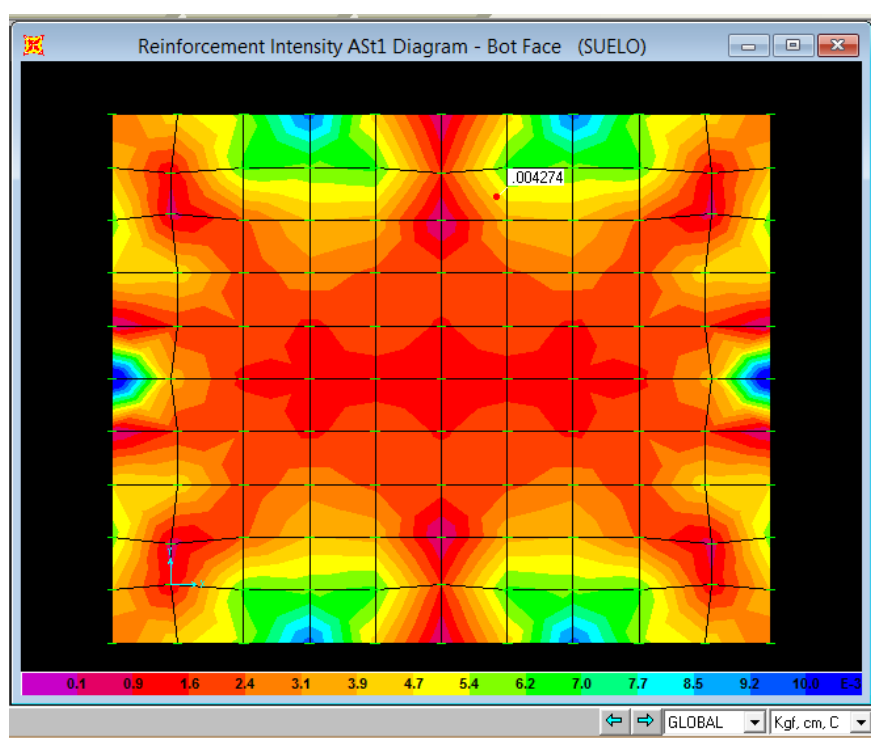
Ilustración 18 Esfuerzos Máximos (T/m²)



Fuente: Autores.

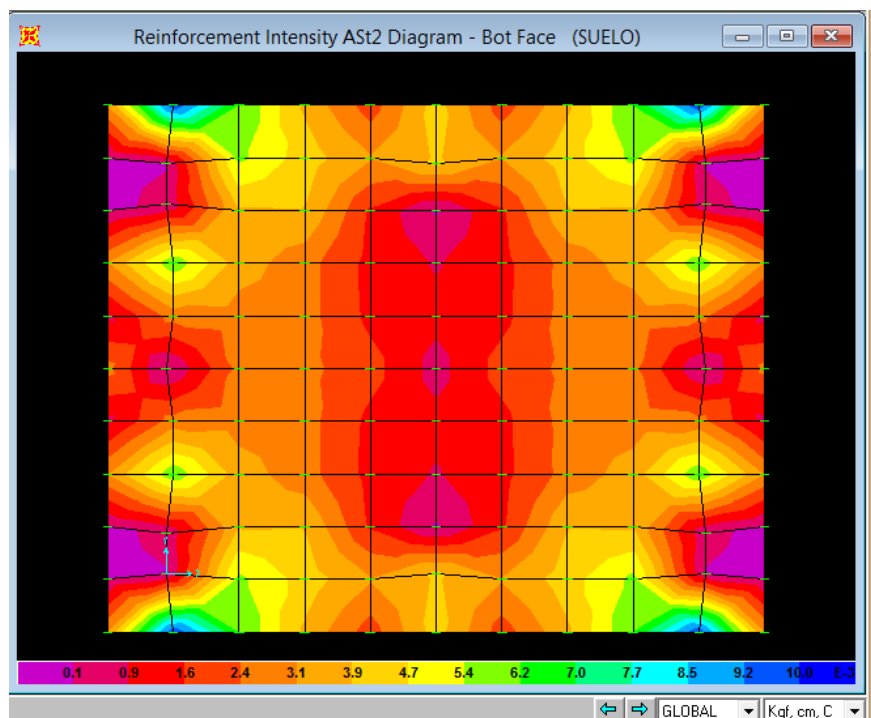
Se tiene ausencia de esfuerzos de tracción en la losa del pozo de salto, así como los esfuerzos obtenidos no exceden la capacidad portante del suelo de 14.2 T/m² como se puede observar en los resultados del sondeo n9.

Ilustración 19 Armadura en el eje longitudinal cm^2/cm



Fuente: Autores.

Ilustración 20 Armadura en el eje transversal cm^2/cm



Fuente: Autores.

Los valores mostrados en las figuras anteriores muestran los esfuerzos en el pozo de salto y las armaduras longitudinal y transversal del mismo.

La cuantía de acero mayor según los resultados es $0.96\text{cm}^2/\text{m}$ y por otro lado se evalúa el acero mínimo:

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

Teniendo así una cantidad de acero de $10\text{ cm}^2/\text{m}$. ó $1 \Phi 14 @ 20\text{cm}$, para más detalle revisar los planos estructurales en el ANEXO 13.

3.6.3 Diseño estructural de pozos de revisión.

De igual manera la EMAAP-Q plantea dimensiones y armadura de pozos tipo que van desde los 1.2m hasta más de 10 m. A continuación, se presenta una tabla de resumen y el detalle de los pozos de revisión se pueden apreciar en el ANEXO 13.

Tabla 39 Tipos de pozos en el sistema.

ResumenPozos	
CIRCULAR B1	6
CIRCULAR B2	37
CIRCULAR B3	33
CIRCULAR B4	1
CUADRADO B2	3
CUADRADO B3	4
CUADRADO B4	12
POZOS DE SALTO	13
POZOS TUNEL	2
POZOS ESPECIAL	1
TOTAL:	112

Fuente: Autores.

3.6.4 Diseño de pasos elevados.

Los pasos elevados son estructuras que se desarrollan sobre apoyos simples. Se considera una viga continua con 4 apoyos en toda su longitud que se auto soportará es decir que la misma

tubería que transporta el fluido funciona como viga soportante, las cargas de la estructura se transmitirán a una cimentación que será diseñada en capítulos posteriores.

El método de diseño empleado para este tipo de estructuras de acero laminadas en caliente es el LRFD (Load and Resistance factor design) diseño por factores de carga establecido en el código AISC (American Institute of Steel Construction).

Para secciones circulares el código AISC recomienda en su apéndice F, Tabla A-F1.1⁴⁰ se debe cumplir con parámetros ancho/espesor

$$\lambda = \frac{D}{t}, \quad \lambda_p = \frac{2070}{F_y}, \quad y \quad \lambda_r = \frac{8970}{F_y}$$

Donde D es el diámetro exterior. (3.20)

La resistencia nominal por flexión está limitada por el pandeo local.

Para: $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$,

El momento nominal que se muestra a continuación debe multiplicarse por su factor de reducción $\Phi=0.95$.

$$M_n = \left(\frac{600}{D/t} + F_y \right) * S \quad (3.21)$$

Para calcular el cortante nominal V_n , el mismo que será reducido con un factor $\Phi=0.9$ se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_n = 0.6 * F_y * D * t \quad (3.22)$$

Para la verificación de deflexiones se calculará una flecha máxima a lo largo del paso elevado por carga muerta de servicio más la carga viva de servicio. El AISC recomienda que los límites máximos de deflexiones son las siguientes:

Construcción de piso no enyesado $L/240$ donde L es la longitud del claro.

⁴⁰ AISC, American Institute for Steel Construction, 2015, Chicago, Appendices F.

3.6.4.1 Resultados de cálculo.

Se realizó el análisis estructural de los cuatro pasos elevados con las consideraciones de diseño mencionadas anteriormente y con el método seleccionado en una hoja de cálculo, posteriormente fueron comprobados los resultados en el software SAP 2000 v6.

Se muestran los resultados de cálculo del primer paso elevado y a los restantes se los puede encontrar en el ANEXO 14. Y en el ANEXO 15 los planos respectivos.

CALCULOS PRELIMINARES

Cargas

Sobrecarga

$S_{CM} = 0.44$ T/m carga debido a la acción del agua servida

Peso Propio

$P_{ptuberia} = 0.15$ T/m carga debido al peso propio de tubería

$P_{ptorres} = 0.05$ T/m carga debido al peso propio de apoyos - torres

Carga Viva

$C_v = 0.22$ T/m carga viva $200\text{kg/m}^2 * D$

Carga Total

$P_t = 0.86$ T/m carga total debido a fuerzas verticales

Carga Total + 30% Sismo

$P_{t+sismo} = 1.12$ T/m carga total debido a fuerzas verticales + 30% sismo

	Sobrecarga	$q = 0.44$	T/m	0.56914
	Peso Propio	$q = 0.20$	T/m	
	Carga Viva	$q = 0.22$	T/m	0.2885
Carga	Carga Total + 30% Sismo	$q = 1.121$	T/m	
Longitud	3.89	21.00	3.89	

Momentos

M sobrecarga	18.64 18.64	12.73	18.64 18.64
M peso propio	5.37 5.37	3.66	5.37 5.37
M carga viva	9.50 9.50	6.49	9.50 9.50
M carga total	36.68 36.68	25.06	36.68 36.68

M combo 2	44.00	44.00		44.00	44.00
1.2D+1.6L			30.06		

Cortes

V sobrecarga	3.68	5.9	5.97	
		5.97		5.90 3.68

V peso propio	1.06	1.7	1.72	
		1.72		1.70 1.06

V carga viva	1.88	3.01	3.05	
		3.05		3.01 1.88

V carga total	7.25	11.61	11.76	
		11.76		11.61 7.25

V combo 2	8.69	13.92	14.11	
1.2D+1.6L		14.11		13.92 8.69

Diseño LRFD

Geometría

Parametros ancho-espesor

$$\lambda = \frac{D}{t} \quad \lambda_p = \frac{2070}{F_y} \quad \lambda_r = \frac{8970}{f_y}$$

λ 76.20

λ_p 57.5

λ_r 249.17

Para $\lambda \leq \lambda_p$

$$M_n = M_p \leq 1.2 M_y$$

Para $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$

$$M_n = \left(\frac{600}{D/t} + F_y \right) S$$

M_n 8211.37 klb-in

M_n 94.63 T-m

MOMENTO

M_n 94.63 T.m

$M_u(\text{LRFD})$ 89.9004 T.m

Mdis 44.00 T.m

$M_u > M_{dis}$ **Resiste**

k= 0.49

CORTE

$V_n = 0.6 \cdot f_y \cdot d \cdot t$ 103.157 T

$V_u \text{ lrfd} =$ 92.8411

$V_{dis} =$ 14.11

$V_u > V_{dis}$ **Resiste**

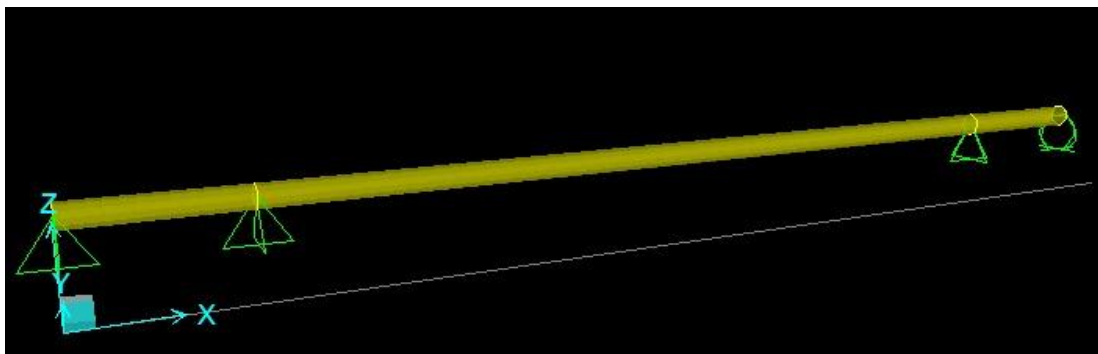
DEFLEXIONES

LRFD lim < $L/240 =$ 8.75 cm

FLECHA MÁ 5.68

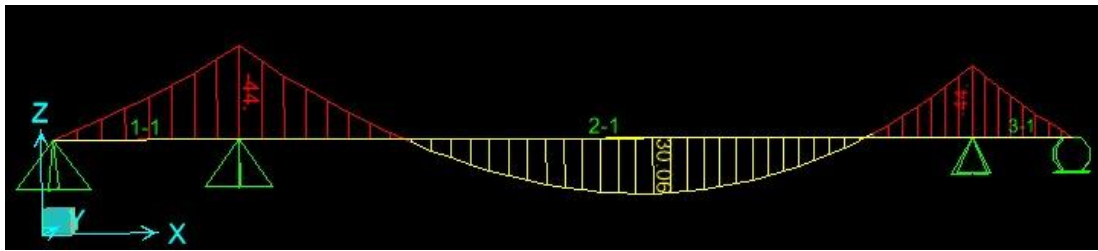
CUMPLE

Ilustración 21 Vista isométrica del paso elevado



Fuente: Resultados SAP2000 V6.

Ilustración 22 Resultados Mmax PE1



Fuente: Resultados SAP v6.

Ilustración 23 Resultados SAP V6.

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

File

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : DSTL2

Units : Tonf, m, C

Frame : 2

X Mid : 14.390

Y Mid : 1.500

Z Mid : 2.000

Length : 21.000

Loc : 0.000

Design Sect: TUBE 600

Design Type: Beam

Frame Type : Moment Resisting Frame

Sect Class : Compact

Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3

RLLF : 1.000

Area : 0.021

IMajor : 9.348E-04

IMinor : 9.348E-04

Ixy : 0.000

SMajor : 0.003

SMinor : 0.003

ZMajor : 0.004

ZMinor : 0.004

rMajor : 0.212

rMinor : 0.212

E : 20389019.158

Fy : 25310.507

AVMajor: 0.010

AVMinor: 0.010

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

0.000

0.000

-43.999

0.000

-14.105

0.000

0.000

PM1 DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing

Equation

(H1-lb)

Total

Ratio

0.486

P

Ratio

0.000

MMajor

Ratio

0.486

MMinor

Ratio

0.000

Ratio

Limit

0.950

Status

Check

OK

AXIAL FORCE DESIGN

Pu

phi*Pnc

phi*Pnt

Force

Capacity

Capacity

Axial

0.000

267.393

475.423

MOMENT DESIGN

Mu

phi*Mn

Cm

B1

B2

K

L

Cb

Moment

Capacity

Factor

Factor

Factor

Factor

Factor

Factor

Factor

Major Moment

-43.999

90.583

1.000

1.000

1.000

1.000

1.000

1.838

Minor Moment

0.000

90.583

1.000

1.000

1.000

1.000

1.000

SHEAR DESIGN

Vu

phi*Vn

Stress

Status

Tu

Force

Capacity

Ratio

Check

Torsion

Major Shear

14.105

142.660

0.099

OK

0.000

Minor Shear

0.000

142.660

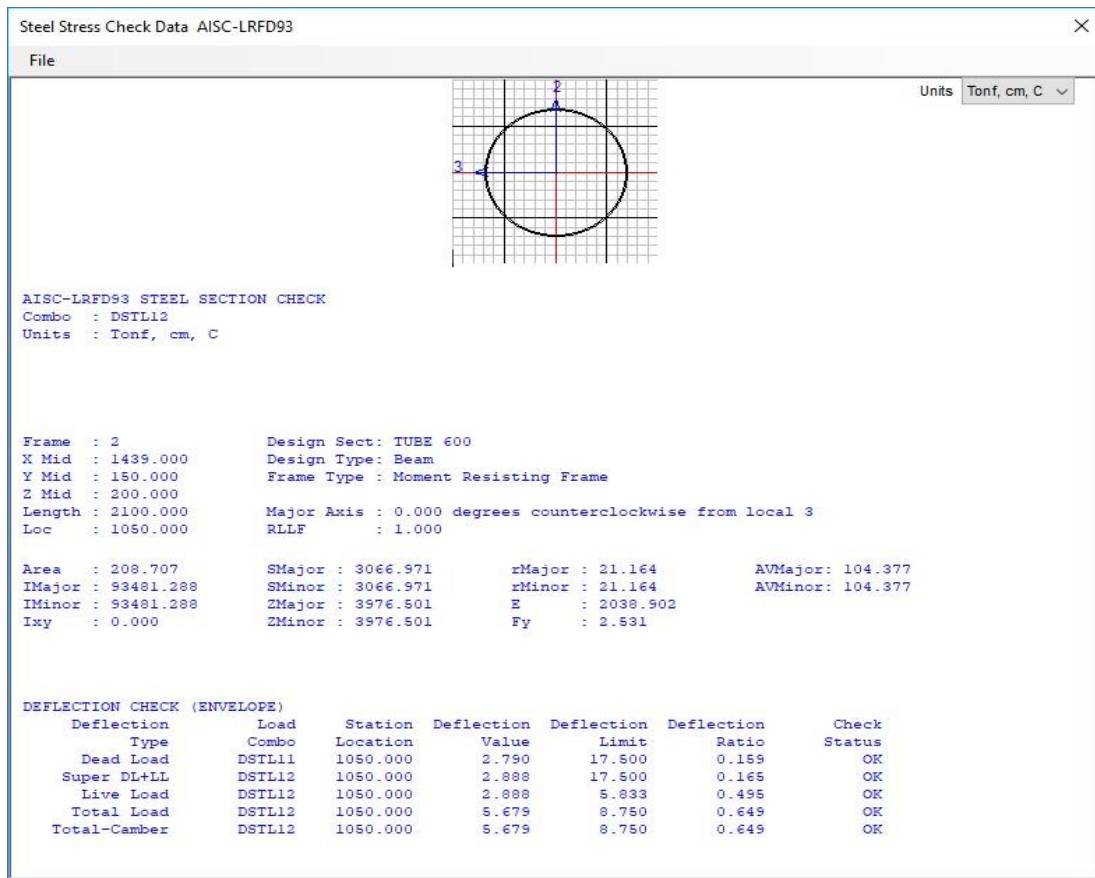
0.000

OK

0.000

De los resultados arrojados por el programa se puede concluir que el valor pmm demand/capacity ratio =0.488 lo que no supera el valor límite establecido por el código AISC-LRFD 93 que es de 0.95. así mismo el momento máximo no supera el momento resistente del elemento.

Ilustración 24 Deformaciones SAP v6



Como se puede observar la flecha máxima evaluada con una envolvente de falla es de 5.679cm. lo que no supera el valor límite de: 1/240 cm. por lo que se concluye que la sección analizada cumple los requerimientos de soporte, geometría y deflexión establecidos en el código AISC-LRFD 93

3.6.5 Diseño estructural del colector combinado.

El colector en su estructura es rectangular de tipo cajón, para el diseño estructural del colector combinado se analizan las cargas de presión lateral de suelos, presión hidrostática y cargas vivas de construcción y compactación.

Se realiza la evaluación del colector tipo cajón en el tramo entre los pozos PZ 28 y PZ 29 en donde la profundidad de la base del colector es de 6.54 metros desde la rasante. Se ha escogido este tramo del colector para ser evaluado por la cercanía del sondeo número 9 para el “Estudio

geotécnico para el diseño definitivo del sistema de interceptores para la descontaminación de las quebradas Sacramento, Calihuaycu y Patasilli de la parroquia Pintag.” Realizado por la EMAAP-Q en el año 2017.

Ilustración 25 Resultados del sondeo 9 del estudio geotécnico mencionado.

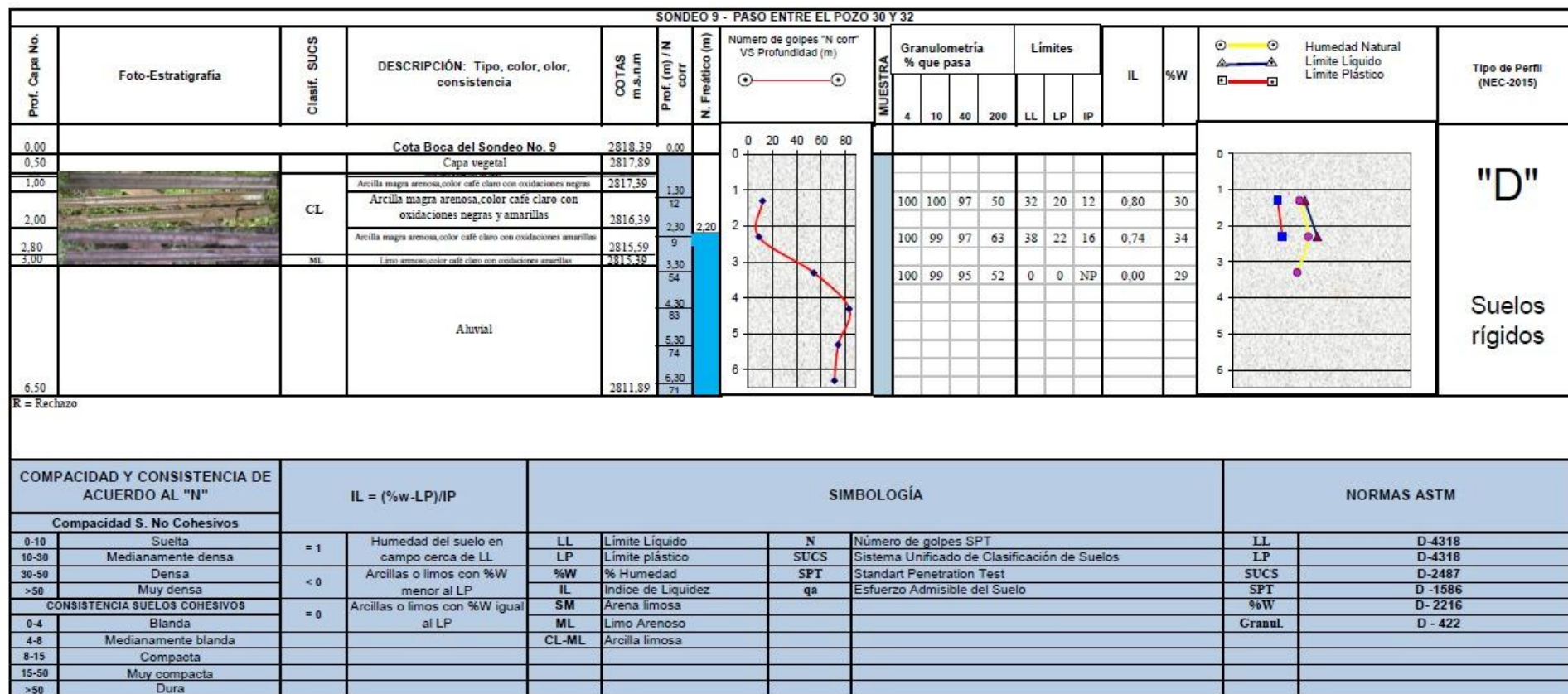
Profundidad	Estrato	N	Cohesión	Fricción	Módulo de deformación	k
m	N	medio	kpa	o	Mpa	Balasto
3	Arcilla magra color café claro	14.08	61.96	31.33	10.79	1.81
6	Aluvial	76.89	169.18	45	58.9	73.13

Fuente: Estudio geotécnico para el diseño definitivo del sistema de interceptores para la descontaminación de las quebradas Sacramento, Calihuaycu y Patasillí.

Los resultados demuestran que la capacidad neta mínima a dos metros de profundidad considerando un asentamiento esperado de 25 mm es de 14.83 T/m²

A continuación, se presentan los datos y resultados de laboratorio para el sondeo 9 antes mencionado.

Ilustración 26 Sondeo 9



Fuente: Estudio geotécnico para el diseño definitivo del sistema de interceptores para la descontaminación de las quebradas Sacramento, Calihuaycu y Patasillí.

Después de realizar los cálculos de las cargas que actuarán sobre el colector tipo cajón se procede con su modelación por elementos finitos en el software CSI SAP v8i.

Y con las siguientes consideraciones de diseño:

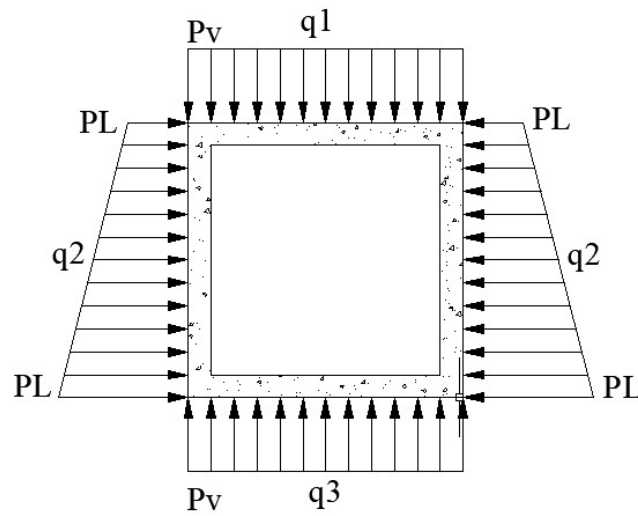
- Se usa la hipótesis de Winkler, es decir que se considera al suelo como un medio elástico y se deforma únicamente en la proporción que este está cargado.
- En el modelo de elementos finitos se usa para representar al suelo como un medio elástico la colocación de resortes cuya constante de resorte será el coeficiente de balasto K. encontrado en los resultados del sondeo n°9 antes mencionado.
- Se modela estructuralmente con hormigón de resistencia a la compresión simple de $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$
- Se consideran que el colector tipo cajón está impedido de rotar por lo que se utiliza un coeficiente de presión pasiva de tierras para calcular las fuerzas laterales actuantes.
- Las presiones que se muestran a continuación son las calculadas para el tramo antes mencionado de acuerdo con la ilustración N 20.

Tabla 40 Presiones en el colector tipo cajón.

Presiones en el colector			
Componente	Profundidad	P (t/m)	Q (t/m ²)
Pv 1	5.24	8.12	8.12
Pv 2	6.54	8.12	
PL1	5.24	8.12	11.86
PL2	6.54	10.13	

Fuente: Autores.

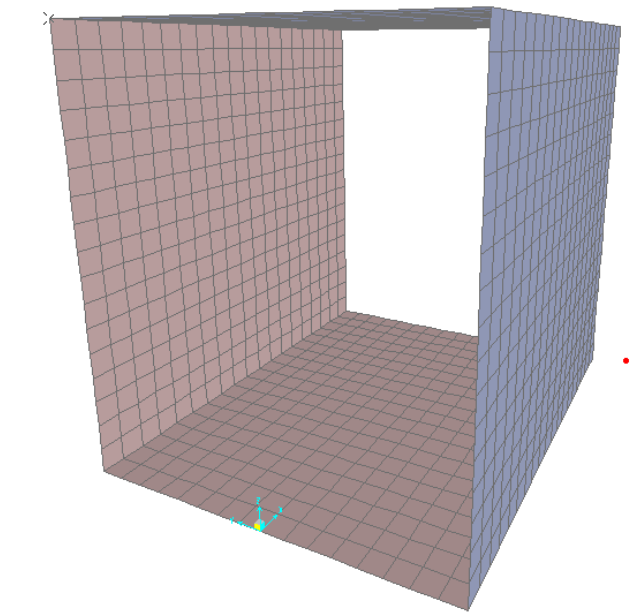
Ilustración 27 Diagrama de presiones laterales y verticales en el colector



Fuente: Autores.

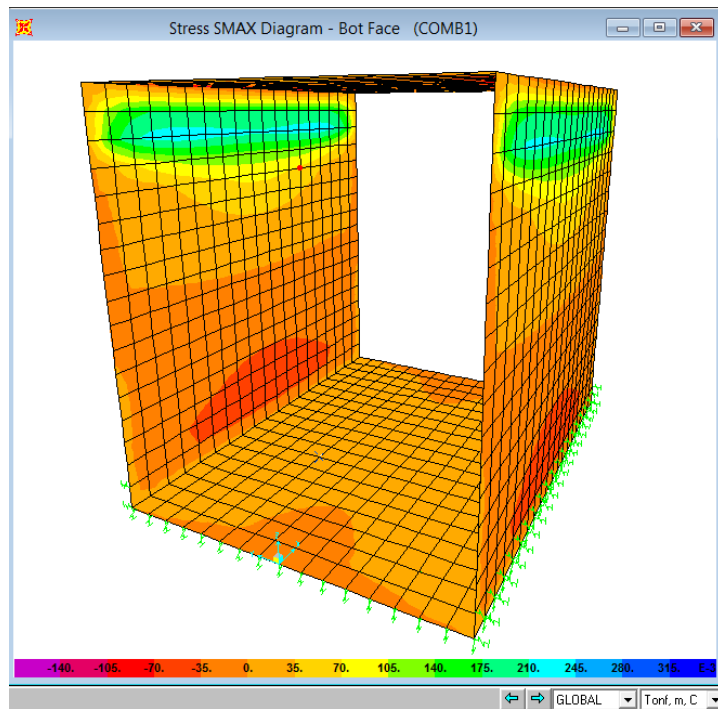
A continuación, se muestran los resultados para el colector tipo cajón:

Ilustración 28 Modelo Colector.



Fuente: Autores.

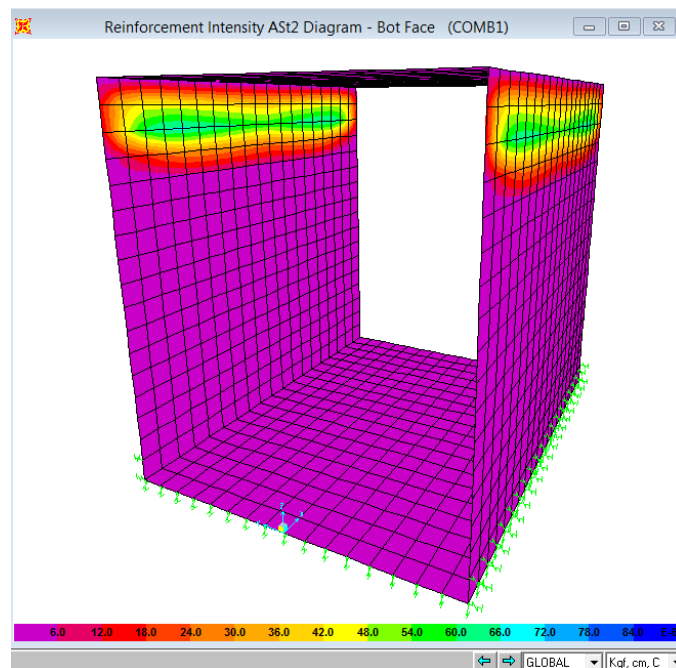
Ilustración 29 Esfuerzos en el colector. (T/m2)



Fuente: Autores.

Ningún esfuerzo es de negativo por lo que no se cuenta con esfuerzos de tracción y tampoco superan la capacidad admisible del suelo.

Ilustración 30 Acero de refuerzo longitudinal

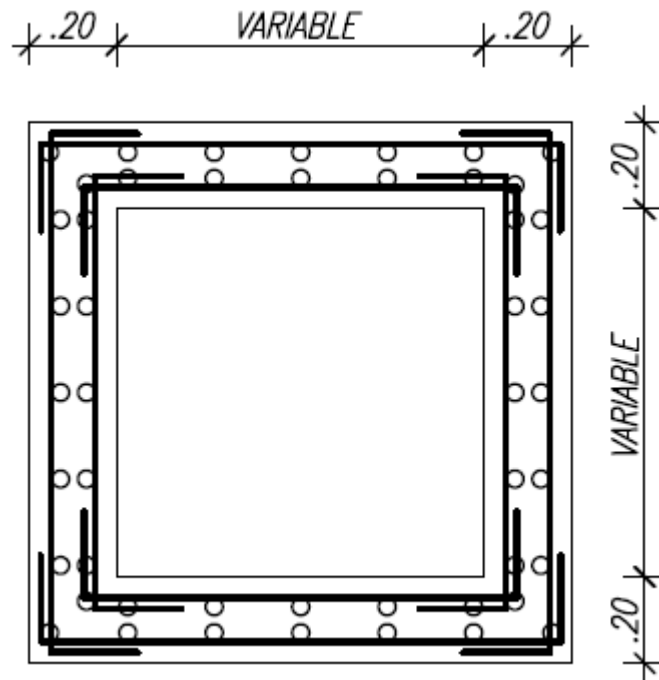


Fuente: Autores.

Como el acero de refuerzo es inferior al mínimo entonces tomamos el mínimo:

$A_{smin} = 6.66 \text{ cm}^2 / \text{m}$ ó $1\Phi 12@20\text{cm}$. Para el refuerzo transversal mientras que para el refuerzo longitudinal se tiene de igual manera $1\Phi 12@20\text{cm}$

Ilustración 31 Sección Transversal de colector armado



Fuente: Autores.

Para más detalle ver los planos estructurales en el ANEXO 13.

3.6.6 Diseño de derivadores de caudal.

Los derivadores de caudal son estructuras que separan el caudal proveniente de las aguas lluvias dejando únicamente el caudal sanitario para que este continúe por el colector hacia su tratamiento.

Los derivadores de caudal más comunes son: vertedero lateral, vertedero transversal, orificio, vertedero de salto y sifón aliviadero.

Para el colector combinado en diseño se han considerado dos derivadores de caudal, el primero después del pozo PZ61 y otro antes de la planta de tratamiento al final del sistema. El tipo de

derivador de caudal seleccionado es “vertedero lateral” de pared delgada. Los caudales desviados por este componente hidráulico son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 41 Caudales de diseño para derivadores de caudal.

Derivador	Q entrada	Q salida	Q desviado	Flujo	B/H
PZ 61-PZ62	4838.0 l/s	2338.0 l/s	2500.0 l/s	Subcrítico	1.2/1.4
PZ112-PTAR	4357.80 l/s	20.66 l/s	4337.14 l/s	Subcrítico	1.2/1.4

Fuente: Autores.

“Se muestra también la sección del colector y el régimen de flujo en ese tramo.

Se define como vertedero de pared delgada aquel en el que el espesor del umbral es menor que la mitad de la carga y cuando el vertido es tal que deja un espacio lleno de aire entre la lámina y la pared de salida del umbral.” (Jaume Trapote, 2013)⁴¹

El caudal del vertedero lateral viene dado por la ecuación:

$$Q_v = \frac{2}{3} \mu L h \sqrt{2gh}$$

Donde: (3.23)

Q_v caudal vertido por el aliviadero lateral (m^3/s)

μ coeficiente de caudal del vertedero (adimensional)

L longitud del umbral vertido

h altura de la lámina sobre el umbral del vertedero (m)

g aceleración de la gravedad (m/s^2)

El coeficiente de caudal se puede obtener por la ecuación de Bazin

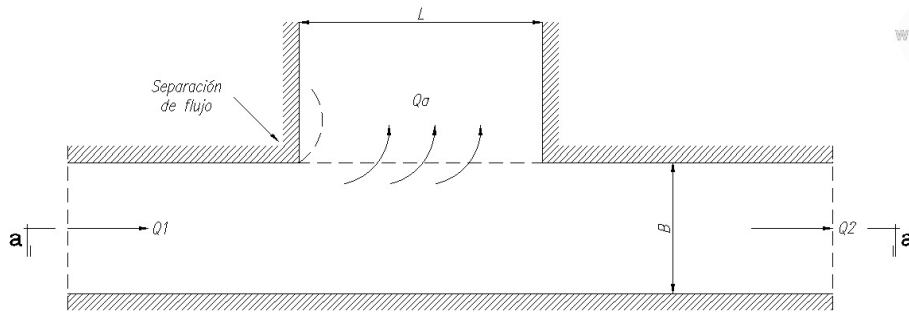
$$\frac{2}{3} \mu = \left(0.405 + \frac{0.003}{h}\right) \left(1 + 0.55 * \frac{h^2}{(h + P)^2}\right)$$

Las condiciones de aplicación de la ecuación de Bazin son:

- h debe estar comprendida entre 0.1 y 0.6 m
- P debe estar comprendida entre 0.2 y 2m.

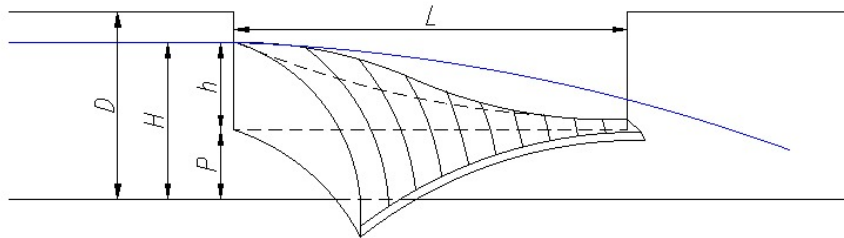
41 Trapote Jaume A. *Infraestructuras hidráulico Sanitarias II*. 2da Ed. Alicante, España: Publicaciones Universidad de Alicante. p. 216.

Ilustración 32 Vista planta del vertedero lateral.



Fuente: Hidráulica de Canales Naudascher.

Ilustración 33 Corte a-a



Fuente: Hidráulica de Canales Naudascher.

Con las ecuaciones antes descritas se calculan los derivadores de caudal determinando la longitud del vertedero, y la altura de la pared de este. También se comprueba los cálculos realizados con otro coeficiente de descarga que plantea la “Société des Ingénieurs et Architectes Suisses (SIAS)” que se anota a continuación:

$$\frac{3}{2}\mu = 0.410 * \left[1 + \frac{1}{1 * h + 1.6} \right] * \left[1 + 0.5 * \frac{h^2}{(h + P)^2} \right]$$

Se presentan los resultados a continuación: (3.24)

Para el derivador en el tramo PZ61-PZ62 se tiene una altura de vertedero de 0.79m y una longitud de vertedero de 3m.

Tabla 42 Cálculos derivador tramo PZ61-PZ62

DERIVADOR TRAMO PZ61-PZ62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															</
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Fuente: Autores.

Para el derivador en el tramo PZ112-PTAR se tiene una altura de vertedero de 1m y una longitud de vertedero de 3m.

Tabla 43 Cálculos derivador P112-PTAR

DERIVADOR TRAMO PZ112-DESCARGA														
Q INGRESA	4357.8	l/s	So	0.8%										
h cole	1.4	m	n	0.014										
p	0.35239	m	h vert	1.05	m									
ABSCISA	ANCHO	ANCHO PROM (m)	CAUDAL TRANSITADO (m ³ /s)	K'	K' prom	H/B	H m	h	u bazin	ΔQ	Q	u SIAS	ΔQ	Q
-	1.200		4.358	0.409		0.958	1.150	0.80	0.72	0.607	0.61	0.715	0.601	0.60
0.400	1.107	1.153	3.200	0.373	0.391	0.997	1.103	0.75	0.72	0.551	1.16	0.710	0.546	1.15
0.800	1.013	1.060	2.654	0.391	0.382	1.085	1.099	0.75	0.72	0.546	1.70	0.709	0.541	1.69
1.200	0.920	0.967	2.114	0.403	0.397	1.190	1.094	0.74	0.72	0.540	2.24	0.709	0.535	2.22
1.600	0.827	0.873	1.581	0.401	0.402	1.317	1.089	0.74	0.71	0.533	2.78	0.708	0.528	2.75
2.000	0.733	0.780	1.057	0.369	0.385	1.474	1.081	0.73	0.71	0.525	3.30	0.707	0.520	3.27
2.400	0.640	0.687	0.543	0.273	0.321	1.675	1.072	0.72	0.71	0.514	3.81	0.706	0.509	3.78
2.800	0.547	0.593	0.293	0.224	0.248	1.938	1.060	0.71	0.71	0.250	4.06	0.705	0.247	4.03
3.000	0.500	0.523	0.021	0.020	0.122	2.197	1.099	0.75	0.72	0.273	4.34	0.709	0.270	4.30
										Q DERRAME	4.34	m ³ /s		
										Q SALIDA	0.02	m ³ /s		

Fuente: Autores.

El armado que se propone a los derivadores de caudal es tipo canastilla con acero mínimo y espesor de muro de 20cm, dado que estas estructuras están en el eje del colector y las cargas actuantes son las mismas que para el colector o pozos de salto.

3.6.7 Diseño de la descarga de los derivadores de caudal.

Los caudales desviados deben ser descargados a la quebrada. Para esto se debe plantear el tipo de descarga en función de las características topográficas y las condiciones del flujo a la salida de los derivadores de caudal. Se tiene dos derivadores como ya se ha expuesto anteriormente,

el primero en el pozo PZ 61 la descarga se realiza a la quebrada Calihuaycu, y al final de esta se colocan muros de ala para proteger la estructura y para que en posibles casos la tubería no se ahogue.

En el segundo derivador en el pozo 112 su descarga es la que más desnivel vence para lo cual se ha planteado una estructura de descarga tipo rápida escalonada, al final muro de ala y también protegida por gaviones.

Se presenta a continuación las características de las estructuras de descarga:

Tabla 44 Características para diseñar las descargas.

Estructura	Descarga PZ 61	Descarga PZ 112
	Colector	Rápida escalonada
Cota Proyecto,m	2799.06 m	2781.71 m
Cota Quebrada,m	2784.00 m	2730.00 m
Desnivel	15.06 m	51.71 m
Caudal, Q	2.498m ³ /s	4.34 m ³ /s
Caudal unitario,q	3.12 m ³ /s/m	2.17 m ³ /s/m
Velocidad,v	7.50 m/s	3.54 m/s
hcr,		0.78 m
Sección		
Calado, y	0.41 m	1.19 m
LONGITUD	58.23 m	160.57 m
Rugosidad,n	0.013	0.013
base del canal,b	0.80 m	2.00 m
Alto del canal,D	0.90 m	1.40 m
Sección hidráulica,w	0.33 m ²	2.38 m ²
Perímetro mojado, X	1.62 m	4.38 m
Radio hidráulico, R	0.20 m	0.54 m

Fuente: Autores.

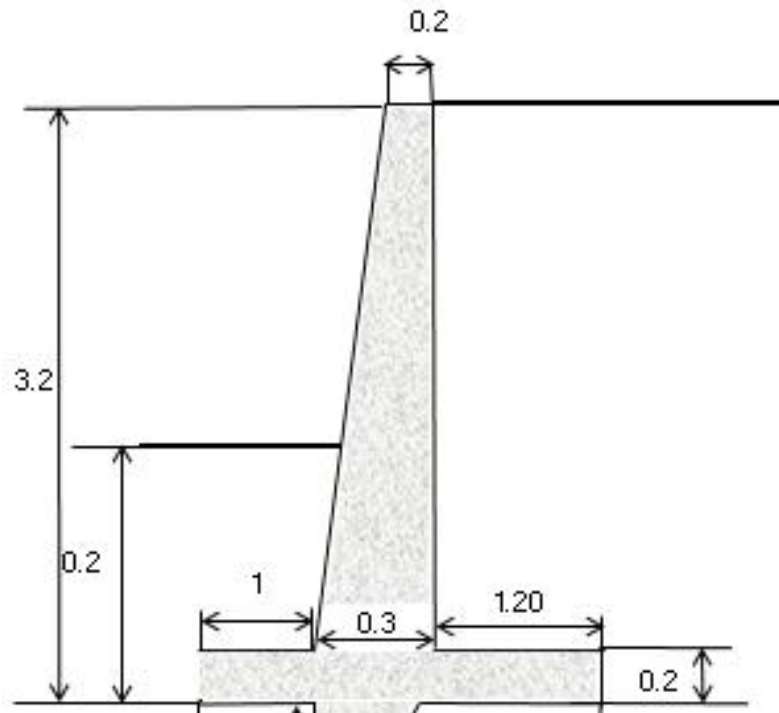
La primera descarga se la realiza con 2 pozos intermedios entre el derivador y la quebrada, controlando velocidades de flujo y el régimen de flujo, en el último pozo previo a la descarga final se coloca un dissipador de choque para que el flujo no sea erosivo a su salida. Se pueden apreciar los cálculos y los respectivos planos en los anexos 20 y 13.

La segunda descarga tipo rápida escalonada se dimensiona con los datos anteriormente mencionados obteniendo resultados mostrados en la ilustración 37.

Los planos y cálculos se pueden observar en los anexos 20 y 13.

Así mismo, se ha diseñado el muro del escalón y la losa de este con las dimensiones mostradas en la ilustración 35. El cálculo y los planos se muestran en los anexos 20 y 13.

Ilustración 34 Dimensiones de muro



Fuente: Autores

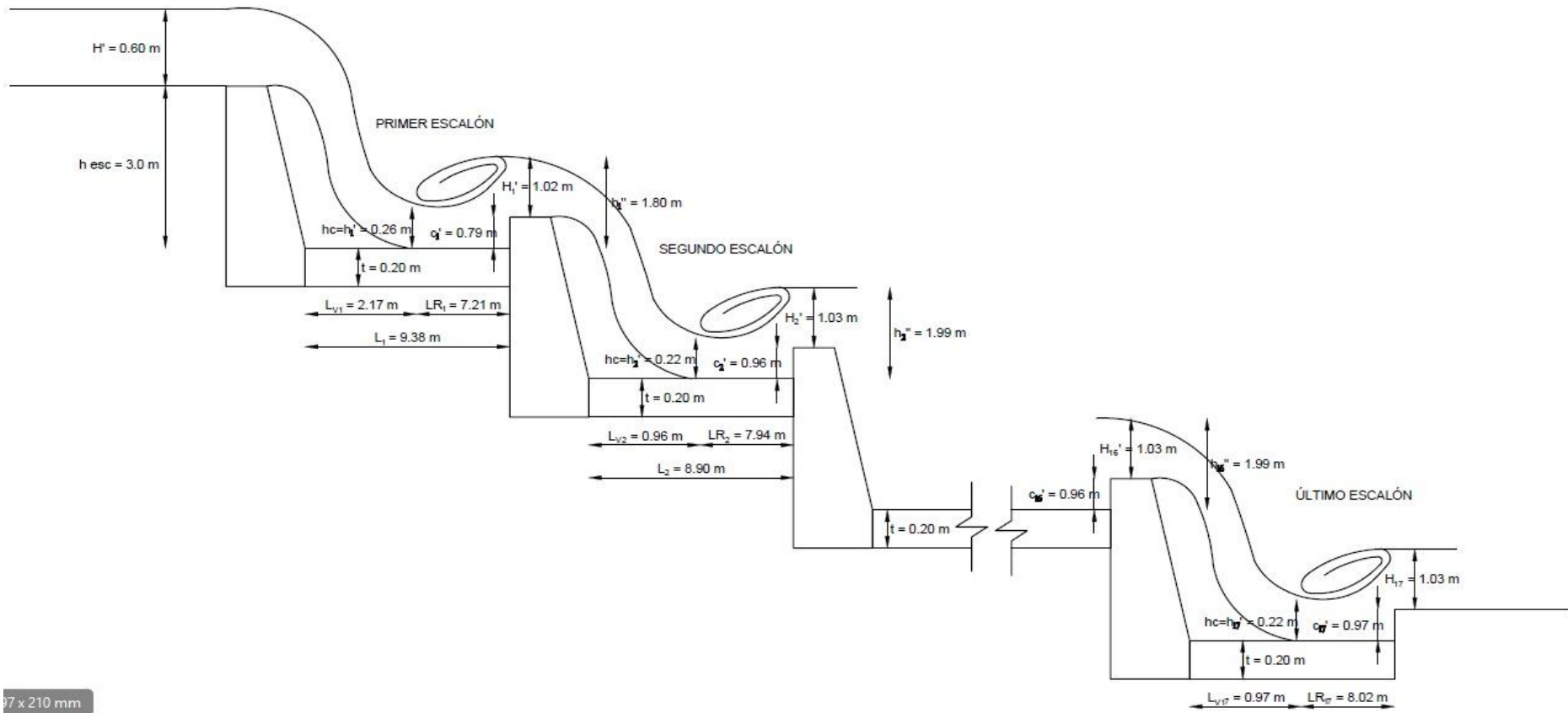
Los factores de seguridad al deslizamiento y al volcamiento que se verifican en el modelo son 3.39 y 1.63 respectivamente,

Ilustración 35 Resultados de cálculo de armadura en el muro

		ARMADURA PRINCIPAL					ARMADURA SECUNDARIA			
		w	ρ	As cal (cm²)	As mín (cm²)	As mín (cm²)	As dis (cm²)	As't (cm²)	As mín (cm²)	As dis (cm²)
1	A	0.00433	0.00025	0.45	6.11	0.60	6.11	5	4.67	ARMADURA SECUNDARIA 1.25 cm2 @ 25 cm
1	B	0.01918	0.001096	2.37	7.22	3.16	7.22			
1	C	0.04194	0.002397	5.99	8.33	7.97	8.33			ARMADURA PRINCIPAL 2.08 cm2 @ 25 cm

Fuente: Autores

Ilustración 36 Resultados descarga PZ 112



97 x 210 mm

Fuente: Autores

3.7 Cimentación y túnel

3.7.1 Tipo de cimentación para pasos elevados.

Los pasos elevados descritos y diseñados en capítulos anteriores deben ser cimentados para de esta manera sean funcionales, por ello en este capítulo en base a la información disponible para este efecto se propone un tipo de cimentación, se lo diseña y posteriormente se lo presupuestará en el capítulo presupuesto y cronograma.

3.7.1.1 Información geotécnica disponible.

Se cuenta con dos sondeos para cada paso elevado en el margen izquierdo y derecho de la quebrada, esta información está disponible en el estudio geotécnico para el diseño definitivo del sistema de interceptores para la descontaminación de las quebradas Sacramento, Calihuaycu y Patasillí, cuyos resultados se encuentran en el ANEXO 18.

3.7.1.2 Tipo de cimentación planteada.

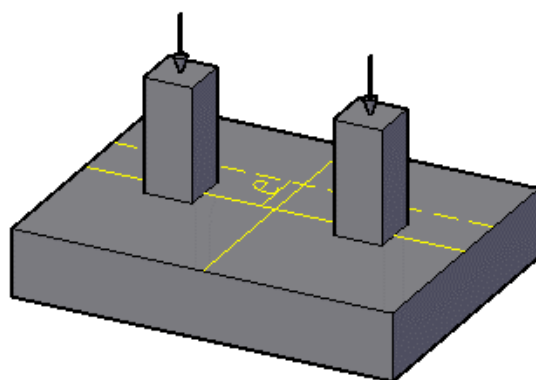
El tipo de cimentación es zapatas combinadas, esto por las características topográficas y geotécnicas del terreno. La cimentación es combinada, porque son dos columnas que sirven de apoyo al tubo de acero estructural que cumple las funciones de paso elevado.

3.7.1.3 Procedimiento de diseño.

Para el diseño de las zapatas combinadas en los cuatro pasos elevados, denominando zapata combinada izquierda a la que se encuentra en la margen izquierda desde aguas arriba hacia aguas abajo y derecha a la que se encuentra cimentada en la margen derecha, definimos los materiales a utilizarse como también el tipo de suelo, seguidamente de colocar las cargas y momentos a las que la tubería está sujeta las cuales han sido transmitidas a la cimentación.

A continuación, se muestran el resumen de resultados de cada una de las zapatas siguiendo el procedimiento de cálculo planteado por el ACI-ASD por factores de mayoración de carga cuyos cálculos se encuentran en el ANEXO 19 y sus planos en el ANEXO 15

Ilustración 37 Cimentación tipo



Fuente: Autores

Tabla 45 Resultados de cálculo zapatas

Zapata combinada izquierda aguas arriba paso elevado 1	B = 2.80 m	Zapata combinada derecha aguas abajo paso elevado 1	B = 2.80 m
	L = 3.50 m		L = 3.50 m
	H = 60 cm		H = 60 cm
	d = 55 cm		d = 55 cm
Columnas	50 x 50 (cm)	Columnas	50 x 50 (cm)
qa	13.18 T/m ²	qa	18.13 T/m ²

Zapata combinada izquierda aguas arriba paso elevado 2	B = 2.80 m	Zapata combinada derecha aguas abajo paso elevado 2	B = 2.80 m
	L = 4.00 m		L = 4.00 m
	H = 65 cm		H = 65 cm
	d = 60 cm		d = 60 cm
Columnas	50 x 50 (cm)	Columnas	50 x 50 (cm)
qa	14.83 T/m ²	qa	10.72T/m ²

Zapata combinada izquierda aguas arriba paso elevado 3	B = 3.50 m	Zapata combinada derecha aguas abajo paso elevado 3	B = 3.70 m
	L = 4.00 m		L = 4.00 m
	H = 80 cm		H = 80 cm
	d = 75 cm		d = 75 cm
Columnas	50 x 50 (cm)	Columnas	50 x 50 (cm)
qa	22.97 T/m ²	qa	31.31 T/m ²

Zapata combinada izquierda aguas arriba paso elevado 4	B = 5.00 m	Zapata combinada derecha aguas abajo paso elevado 4	B = 4.00 m
	L = 4.00 m		L = 4.000 m
	H = 95 cm		H = 90 cm
	d = 90 cm		d = 85 cm
Columnas	50 x 50 (cm)	Columnas	50 x 50 (cm)
qa	7.52 T/m ²	qa	15.21 T/m ²

Fuente: Autores

3.7.2 Sostenimiento del Túnel.

El túnel que se considera entre los pozos PZ77 y PZ78 evaluado como la alternativa más idónea para salvar el obstáculo natural que se presenta en este sector.

Como trabajos previos a este capítulo se han analizado y desarrollado: el trazado en planta del túnel, su sección transversal, perfil longitudinal, pendiente, y accesos desde la rasante. Estos parámetros de dimensionamiento se los puede visualizar en el ANEXO 16.

En este subcapítulo se analiza y se propone el sostenimiento y el revestimiento del túnel para el colector combinado en la margen izquierda de la quebrada Calihuaycu parroquia Pintag.

“El sostenimiento se refiere a los elementos estructurales de sujeción del terreno inmediatamente después de la excavación del túnel, con el fin de asegurar su estabilidad durante la construcción y después de ella, así como garantizar las condiciones de seguridad.” (Gonzales de Vallejo, 2012)⁴²

“El revestimiento se coloca con posterioridad al sostenimiento y consiste en aplicar sobre dicho sostenimiento una capa de hormigón, u otros elementos estructurales, con el fin de proporcionar resistencia a largo plazo del túnel y dar un acabado regular mejorando su funcionalidad.” (Gonzales de Vallejo, 2012)⁴³

Es muy importante tener conocimiento del medio subterráneo en donde se localiza el túnel, las condiciones geológicas del sitio y los criterios geomecánicos para el cálculo de sostenimientos y revestimientos.

3.7.2.1 Información disponible.

Se cuenta para el proyecto con la información geológica en escala 1:100000 del cantón Pintag, en formato shape recopilada del Sistema Nacional de Información S.N.I. procesada por los autores.

El estudio de suelos para el diseño definitivo del sistema de interceptores para la descontaminación de las quebradas Calihuaycu, Sacramento y Patasillí. En donde se muestran los parámetros geomecánicos en el sitio de implantación del túnel.

3.7.2.2 Características geológicas generales.

Según el mapa geológico de la parroquia Pintag (ANEXO 17), la geología del sector en donde será implantado el túnel se describe como: Piroclastos primarios (tefra, flujos piroclásticos,

⁴² Gonzales de Vallejo, L. (2012). *Ingeniería Geológica* (2ª ed.). Madrid, España: Pearson Educación, p 489.

⁴³ Ídem 41, p 489.

ignimbritas) y retrabajados (Cangahua); avalanchas de escombros, lahares, flujos de lava (Volcánicos Cotopaxi). La formación geológica en el sector es Cangahua que se encuentra entre Volcánicos Pisayambo y Volcánicos Sincholagua caracterizada por: suelos francoarenosos en superficie y franco arcillo-arenosos a profundidad, de color oscuro, bien drenados, moderadamente profundos, PH prácticamente neutro y fertilidad mediana.

3.7.2.3 Características geotécnicas disponibles.

Tabla 46 Resultados del estudio geotécnico

Resumen sondeos 1 Y 2 para túnel entre pozos PZ 77 Y PZ 78							
SONDEO 1	PROF (m)	TIPO DE SUELO	N SPT	SONDEO 2	PROF (m)	TIPO DE SUELO	N SPT
NF	0 a 1	ML	-	NF	0 a 1m	CH	-
S/NF	1 a 2	ML	24	SN/F	1 a 1.7	CH	12
COTA SONDEO	2 a 2.8	ML	12	COTA SONDEO	1.7 a 2.7	ML	29
	2.8 a 4	ML	20		2.7 a 3	ML	29
2805.56	4 a 5	ML	25	2803.01	3 a 4	ML	21
msnm	5 a 5.6	CL	30	msnm	4 a 5	ML	20
	5.6 a 5.7	CL	30		5 a 6	ML	18
	5.7 a 6.7	SM	35		6 a 7	ML	21
	6.7 a 7.8	SM	50		7 a 8	ML	21
	7.8 a 9	SM	35		8 a 9	ML	22
	9 a 9.9	ML	34		9 a 10	CL	19
	9.9 a 10.8	ML	72		10 a 11	SC	47
	10.8 a 11.7	ML	47		11 a 12	SC	55
	11.7 a 12.6	ML	44		12 a 13	SC	60
	12.6 a 13.5	ML	44		13 a 14	SC	62
	13.5 a 14.4	ML	46		14 a 15	SC	60
	14.4 a 15.5	ML	45		14 a 15.5	SC	69

Fuente: Estudio geotécnico para el diseño definitivo del sistema de interceptores para la descontaminación de las quebradas Sacramento, Calihuaycu y Patasillí.

La tabla anterior y las dos siguientes tablas muestran los resultados de los ensayos de suelos realizados en el sector.

Tabla 47 Resultados sondeo PZ 77

Profundidad	Estrato	N medio	Cohesión	Fricción	Módulo de deformación	K Balasto
m	$\gamma_s=1681\text{kg/cm}^3$		Kpa	(o)	Mpa	Kg/cm ³
5	1 Limo arenoso color café oscuro	20.13	44.29	33.14	15.42	2.865
9	2 Arena limosa color café claro	45.54	95.79	40.16	33.35	13.01
15	3Limo arenoso color café oscuro verdoso	48.16	105.95	41.55	36.89	17.09

Fuente: ídem tabla 40

Tabla 48 Resultados sondeo PZ 78

Profundidad	Estrato	N medio	Cohesión	Fricción	Módulo de deformación	K balasto
m	$\gamma_s=1681\text{kg/cm}^3$		Kpa	(o)	Mpa	Kg/cm ³
2	1 Arcilla magra negruzca	16.97	74.7	16.1	13.0	2.27
9	2 Limo arenoso color café oscuro	21.69	47.73	33.61	16.62	3.2
10	3 Arcilla magra color café	47	206.8	20.6	36	15.98
15	Arena arcillosa color café claro verdoso	60.87	133.92	45.36	46.63	34.22

Fuente: Ídem tabla 40

3.7.2.4 Estado tensional.

3.7.2.4.1. Condiciones geoestáticas.

“La masa de suelo es un semiespacio elástico isótropo sin más acciones que las gravitatorias, perpendiculares al contorno del semiespacio.” (JIMENEZ SALAS , 2005)⁴⁴

$$\sigma_H = K_O * \sigma_V \quad (3.24)$$

Siendo:

Ko Coeficiente de empuje pasivo de suelos.

$$\sigma_v = \gamma * z \quad (3.25)$$

Z Profundidad

γ Peso específico del suelo

3.7.2.4.2. Tensiones inducidas por la perforación.

“La formación de la cavidad del túnel cambia localmente la geometría del macizo y este cambio modifica profundamente el estado tensional del terreno en las cercanías de la cavidad” (JIMENEZ SALAS , 2005).⁴⁵

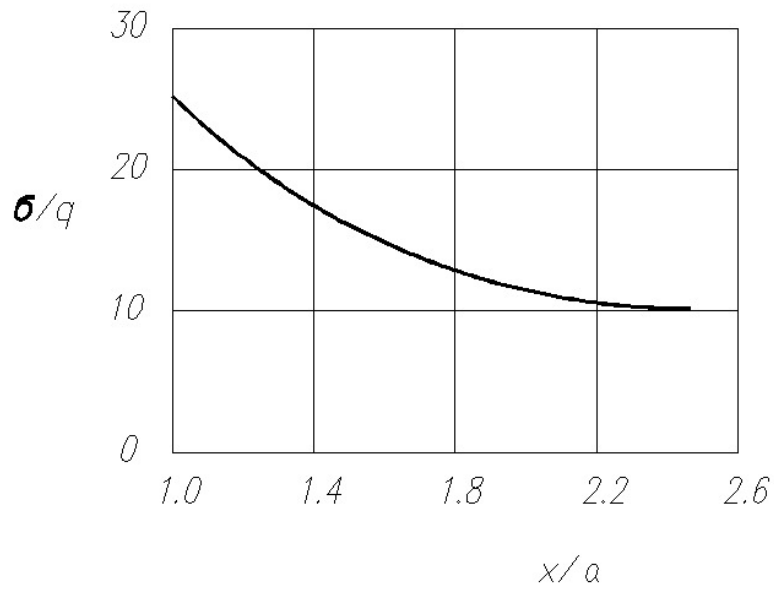
Para la galería de inspección se estima la siguiente área de tensiones producida por la excavación del túnel.

Teniendo en el siguiente monograma la relación σ/q que representa a las tensiones verticales en el fondo por las tensiones hasta el centro del túnel. Los valores que devuelve el gráfico son la relación x/a donde (x) es la distancia desde el borde del túnel hasta donde se producirá la tensión por perforación. Y el valor (a) es el radio desde el centro del túnel hasta el borde de la bóveda.

⁴⁴ Jimenez Salas, J. (2018). *Geotécnia y Cimientos III segunda parte. 1era ed. Madrid: Editorial Rueda, p.1408*

⁴⁵ Jimenez Salas 2005. *Op. Cit. p. 1418*

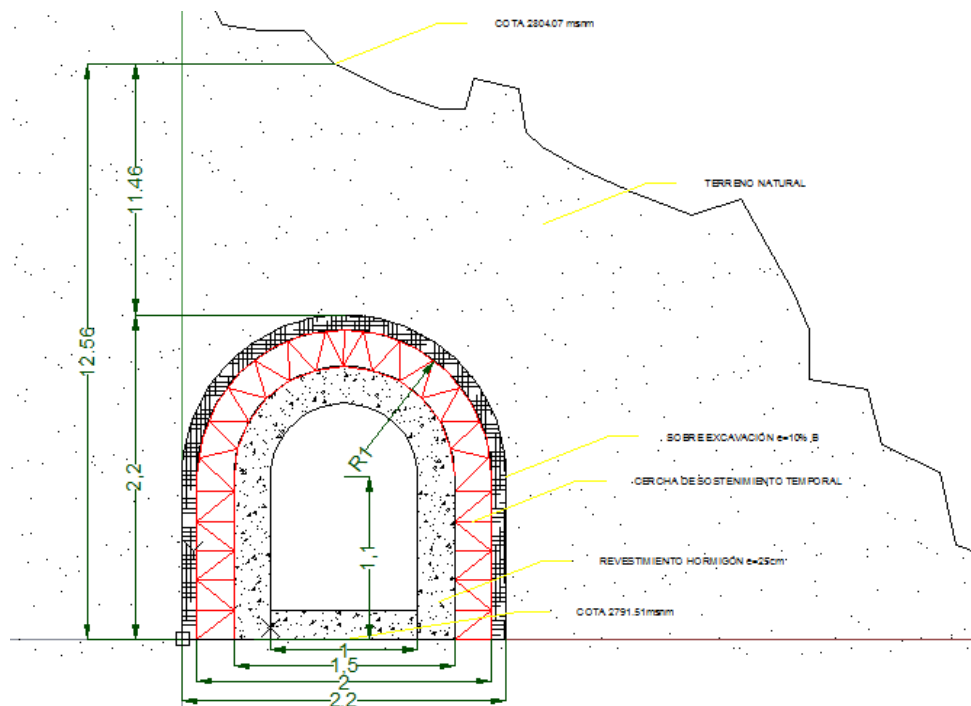
Ilustración 38 Monograma G/q vs x/a



Fuente: JIMENEZ SALAS (2005).

El cálculo de las tensiones verticales se lo realiza con la ecuación 3.7.2. para las profundidades mostradas en la ilustración (38) teniendo así la relación $\sigma/q = 1.1$ por lo que se toma el valor mínimo según el monograma con un valor de 10 y los resultados arrojados son de $x=2.5m$.

Ilustración 39 Sección típica del túnel



Fuente: Autores

3.7.2.5 Estabilidad.

3.7.2.5.1 Estabilidad del frente.

La estabilidad a corto plazo depende de la resistencia al esfuerzo cortante sin drenaje y se define por el factor de sobre carga (F_{sf}) [Broms y Bennermark (1967), Deere et al. (1969), Peck (1969)]

$$F_{sf} = \frac{q - q_i}{S_u}$$

Donde: (3.26)

q Presión vertical total del terreno en el eje del túnel.

q_i Presión aplicada en el frente del túnel.

S_u Resistencia al corte sin drenaje.

Así mismo Broms y Bennermark dependiendo del mecanismo de falla presentan un (F_{sf}) crítico por debajo del cual el frente será estable.

Teniendo así:

$$F_{sf,crit} = 6 \quad \text{para } \frac{Z}{B} > 2$$

$$F_{sf,crit} = 2 * \frac{\frac{Z}{B} + 1}{1 + \frac{B}{6Z}} \quad \text{para } \frac{Z}{B} \leq 2$$

Donde Z es la profundidad del eje de la galería y B el diámetro de la galería.

En el caso del túnel comprendido entre los pozos PZ77 y PZ78 el factor de sobrecarga (F_{sf}) y los factores (F_{sf} , crít) son los siguientes:

$$q = \gamma z = 1.68 * 11.46 = 19.25 \text{ T/m}^2$$

$$S_u = 10.80 \frac{T}{m^2} \rightarrow \text{Sondeo 1}$$

$$F_{sf} = \frac{19.25 T/m^2}{10.8 T/m^2} = 1.77$$

$$\frac{Z}{B} = \frac{11.46m}{2.20m} = 5.21$$

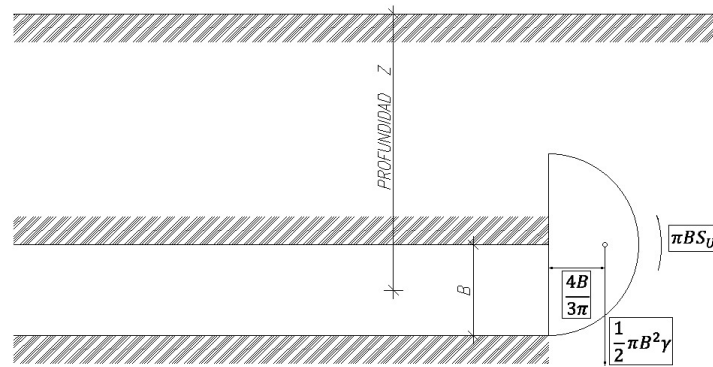
$F_{sf,crit} = 6 \therefore$ El frente del túnel es estable.

“Jiménez Salas recomienda que como mínimo se tenga para arcillas blandas un coeficiente de seguridad $F=1.5$ ” (JIMENEZ SALAS , 2005)⁴⁶

El mecanismo de falla en el frente viene dado por la siguiente expresión:

$$\frac{4B}{3\pi} = \frac{4 * 2.2}{3\pi} = 0.93 \approx 1m$$

Ilustración 40 Esquema de rotura local.



Fuente: Jiménez Salas (2005).

Estos valores están relacionados con el sostenimiento provisional del túnel.

3.7.2.5.2 Estabilidad de las paredes.

Se define el factor de sobrecarga de las paredes de la galería por:

$$F_{sf} = \frac{\sigma_{\theta}}{q_u}$$

Donde:

(3.27)

σ_{θ} Tensión tangencial máxima.

q_u Resistencia a la compresión simple, $2 * S_u$

⁴⁶ Jiménez Salas 2005. Op. Cit. p. 1455.

El factor de sobrecarga crítico debajo del cual las paredes serán estables se establece con un valor de (6). Se tiene para el túnel en análisis los siguientes resultados.

$$\sigma_{\theta} = Su * \sigma * \tan \phi = 10.80 * (1.68 * 11.46) * \tan(41.55) = 27.86 \text{ t/m}^2$$

$$f_{sp} = \frac{\sigma_{\theta}}{2 * Su} = \frac{27.86}{2 * 10.80} = 1.30 < 6 \therefore \text{Paredes son estables.}$$

3.7.2.6 Sostenimiento de la cavidad.

“En general, y salvo en rocas de excelente calidad, la ejecución de túneles requiere la colocación de algún sistema de entibación provisional que puede formar parte o no del revestimiento definitivo.” (JIMENEZ SALAS , 2005)⁴⁷

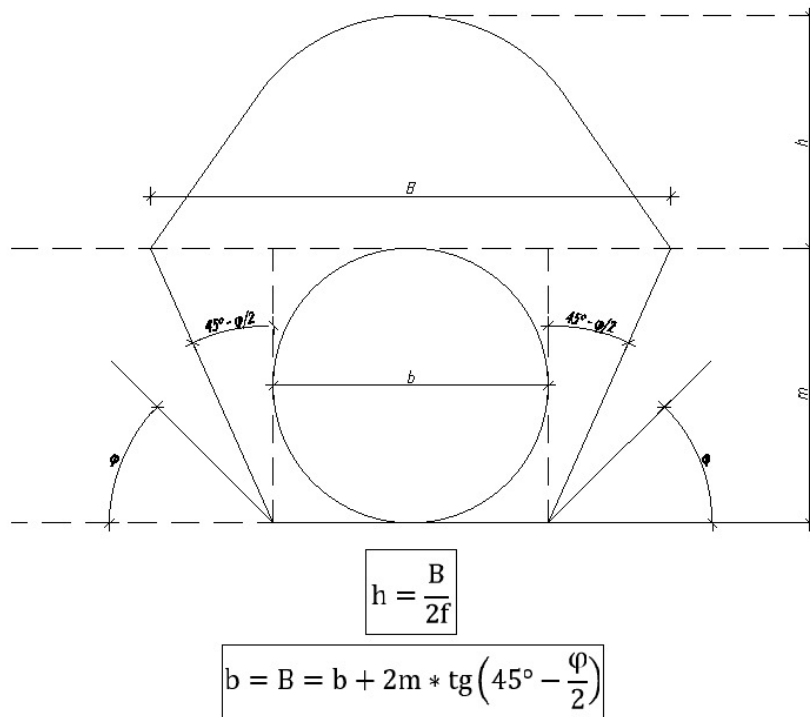
La teoría de Protodyakonov basada en experiencias en túneles rusos y recogida por la norma SNIP II-D3-62. Tiene un esquema de rotura como se muestra a continuación.

Las presiones de cálculo que plantea esta teoría son las siguientes:

Vertical: $p = \gamma h$

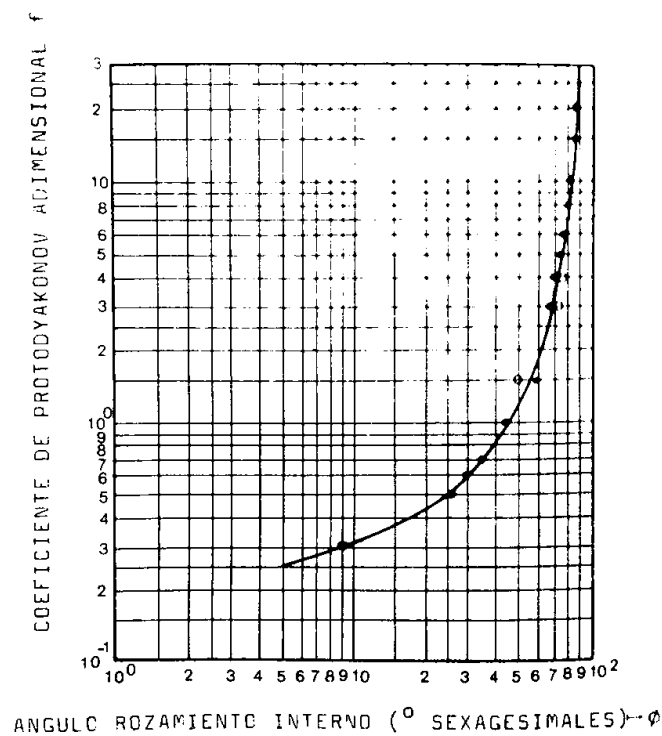
Horizontal: $q = \gamma(h + 0.5m) * \tan^2(45 - \frac{\phi}{2})$

⁴⁷ Jiménez Salas 2005. Op. Cit. p. 1460.



El factor adimensional f se lo obtiene mediante el siguiente monograma en función del ángulo de fricción. El valor devuelto de f es de 0.8.

Ilustración 41 Valores del coeficiente de Protodyakonov f



Fuente: Jiménez Salas (2005).

Los valores calculados para el diseño del sostenimiento de la cavidad son los siguientes:

$$f=0.8 \quad m=2.5m$$

$$B = b + 2m * \tan\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) = 2.2 + 2 * 2.5 * \tan\left(45 - \frac{41.55}{2}\right) = 4.44 \approx 4.50m$$

$$h = \frac{B}{2f} = \frac{4.5}{2 * 0.8} = 2.81m$$

Entonces:

$$p = \gamma h = 1.68 * 2.81 = 4.72t/m^2$$

$$q = \gamma(h + 0.5m) \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) = 1.68 * (2.81 + 0.5 * 2.5) * \tan^2\left(45 - \frac{41.5}{2}\right) \\ = 1.38t/m^2$$

3.7.2.6.1 La entibación.

La necesidad entibación se la puede estimar a priori mediante recomendaciones según el tipo de suelo y sus características geomecánicas. De acuerdo con Jiménez Salas en su libro Geotécnica y Cimientos III (segunda parte) plantea una clasificación del terreno en la cual el suelo del túnel en análisis concuerda con el suelo tipo F (tabla 49) de la clasificación de Jiménez Salas y para este tipo de suelo se recomienda una entibación con cerchas cada 1metro y la distancia máxima de excavación al frente de 2metros (tabla 50) y el método de excavación que se recomienda es Excavación mecánica (pala, Ripper, rotomartillo) (ilustración 42)

De acuerdo con los cálculos de estabilidad en la frente se muestra en la ilustración 41 el esquema de rotura local obteniendo una distancia de rotura de 0.93m por lo que se reafirma la separación entre cerchas metálicas cada 1metro.

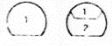




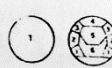
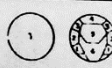
Tabla 49 Clasificación del terreno Jiménez Salas

a) Clasificación del terreno		
tipo	Descripción	Terrenos típicos
A	Rocas duras, masivas y sanas.	Granitos, cuarcitas, gneiss, calizas, areniscas silíceas, conglomerados, basaltos.
B	Rocas clásticas, esquistosas o recementadas.	Filitas, pizarras, esquistos, brechas, milonitos cementados, orto y metacuarcitas.
C	Rocas compactadas estratificadas. El tipo B con orientación o estratificación desfavorable.	Margas marinas, molasas. Calizas detríticas, conglomerados friables. Lutitas, argilitas, areniscas blandas, roca de yeso.
D	Sedimentos consolidados.	Fáciles Bunt o New Red Sandstone. Arcillas magrosas, tilitas, tobas, pizarras arcillosas, lehm, suelos arcósicos residuales.
E	Rocas muy fisuradas o fracturadas, suelos.	Zonas de falla, milonitos, escorias volcánicas, piroclastos, margas friables. Suelos granulares compactos.
F	Suelos cohesivos o rocas blandas.	Arcillas residuales. Lateritas, arcillas varvadas, Flisch
G	Depósitos cuaternarios flojos.	Arenas y gravas aluviales, arcillas y limos blandos, turbas, suelos colapsables.

Fuente: Jiménez Salas (2005)

Ilustración 42 Tipo y método de excavación

Datos estimativos para el anteproyecto de túneles viarios (continuación)
e) Excavación

Clase de terreno	Tipo	Excavación		Métodos típicos
		Avance medio (m/día)	Excesos previsibles % (9)	
A	Explosivos Precorte	3-6	1-5	
B	Explosivos Precorte fino E. mecánica	< 4	3-8	
C	Explosivos E. mecánica Ripper Tuneladora R.D.	2-4	6-12	
D	E. mecánica Ripper Tuneladora R.B. Cutter	4-8	4-15	
E	E. mecánica Pala Ripper Cutter	5-12	8-12	
F	E. mecánica Pala Ripper Escudo (A.C.)	5-20	—	
G	E. mecánica Pala Escudo (A.C.)	2-10	—	

(9) Porcentaje referido al área teórica de excavación.

Fuente: Jiménez Salas.

Tabla 50 Datos estimativos

Datos estimativos para el anteproyecto de túneles viarios (continuación)
f) Entibación y revestimiento

Clase de terreno	Necesidad y tipo	Tiempo de mantenim.	ENTIBACION								REVESTIMIENTO					
			Cerchas				Bulones		Gunitado		Espesores nominales (11)					
			Distancia al frente máx.	Separac. (m)	kg/m	Blindaje (10) e mm ² /m (mm)	N.º por metro de túnel	Long. (m)	e (m)	Malla-zos	Posición	Forma	Clave (m)	Hastiales (m)	Solera (m)	
A	No	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Cualquiera	0,30	0,50	0,40
B	Ocasional y puntual	6 meses	—	—	—	—	—	0 3	3	0-5	—	Bóveda	Herradura	0,40	0,60	0,40
C	Ocasional y puntual	6 meses 1 mes	1,5 D	—	—	—	—	4 8	3-6	5-12	1	B. y H.	Herradura	0,45	0,65	0,40
D	Si escasa	2 meses 15 días	0,8 D	3 2	400 600	5 10	1 2	—	—	8-15	1-2	B. y H.	Herradura	0,50	0,70	0,45
E	Si abundante	1 mes 10 días	0,5 D	2 1	700 500	10 15	1 3	6 10	4-8	10-20	2-3	B. y H.	Herradura	0,50	0,75	0,50
F	Completa	6 días 6 horas	2 m	1 0,8	900 700	15 20	2 4	—	—	—	—	—	Circular	0,60	0,80	0,50
G	Completa	—	0	1 0,6	1200 800	25 35	3 5	—	—	—	—	—	Circular	0,80	1,20	0,80

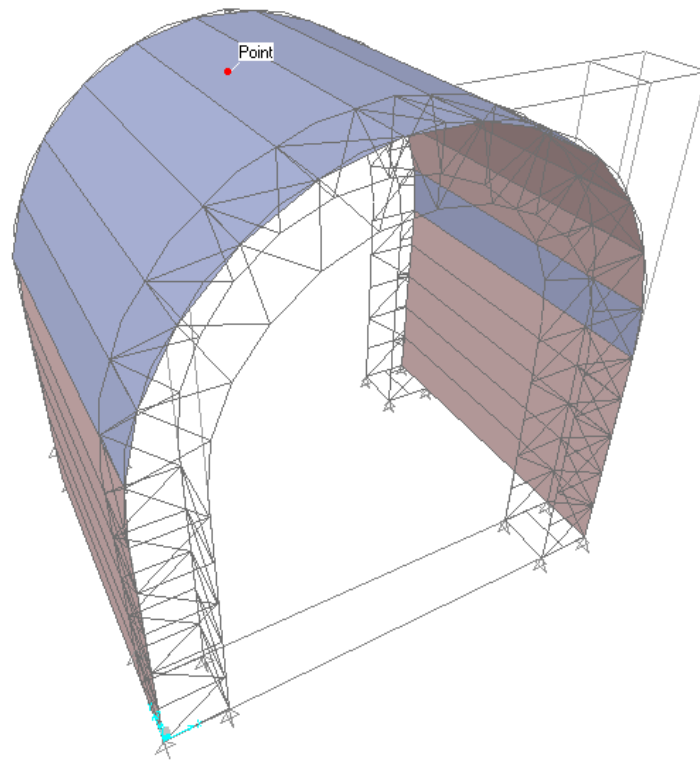
(10) Planchas metálicas con un solape del 20%. Puede admitirse una equivalencia de 1 mm. de acero por 2 cm. de madera.

(11) Hormigón en masa.

Fuente: Jiménez Salas (2005)

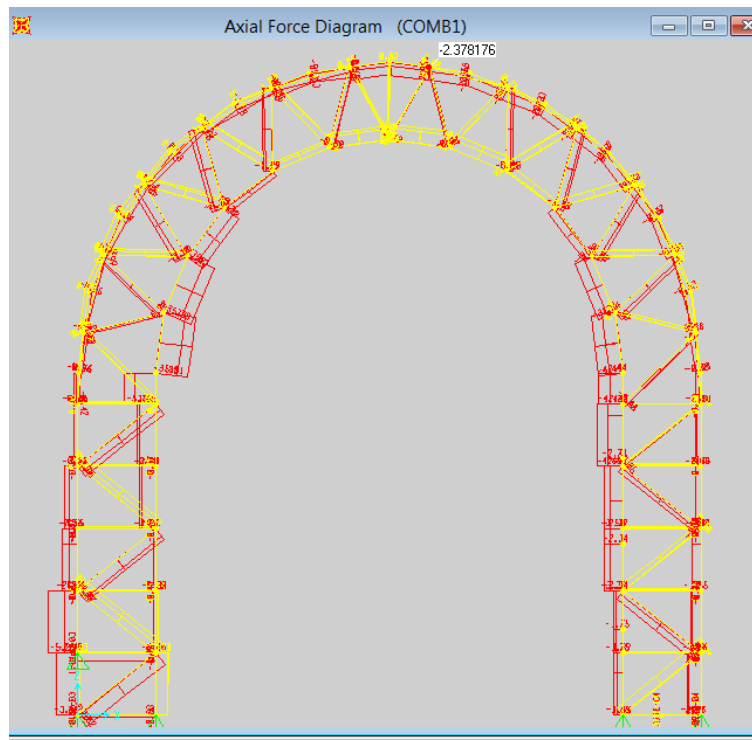
Con los cálculos obtenidos de la teoría de Protodyakonov se han modelado dos cerchas con la separación obtenida en el software SAP 2000 v8. Obteniendo los siguientes resultados.

Ilustración 43 Modelo 3D SAP 2000 v8



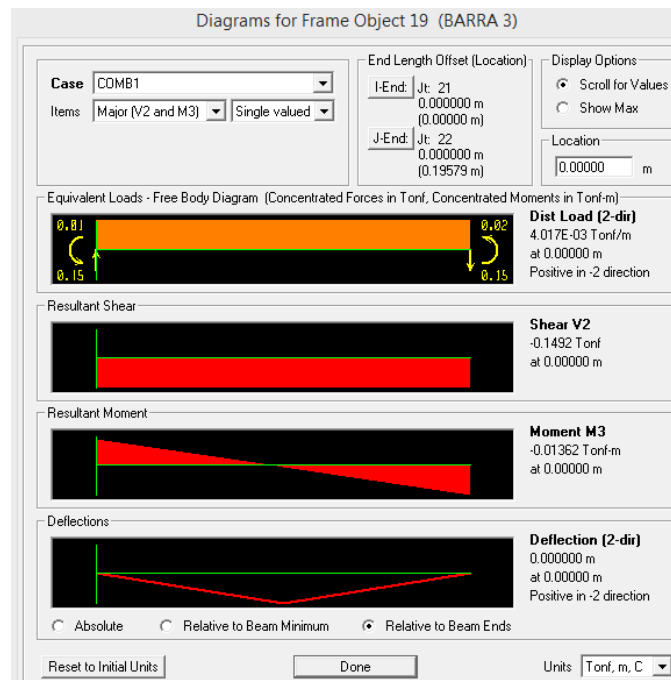
Fuente: Autores.

Ilustración 44 Fuerzas Axiales en la cercha.



Fuente: Autores.

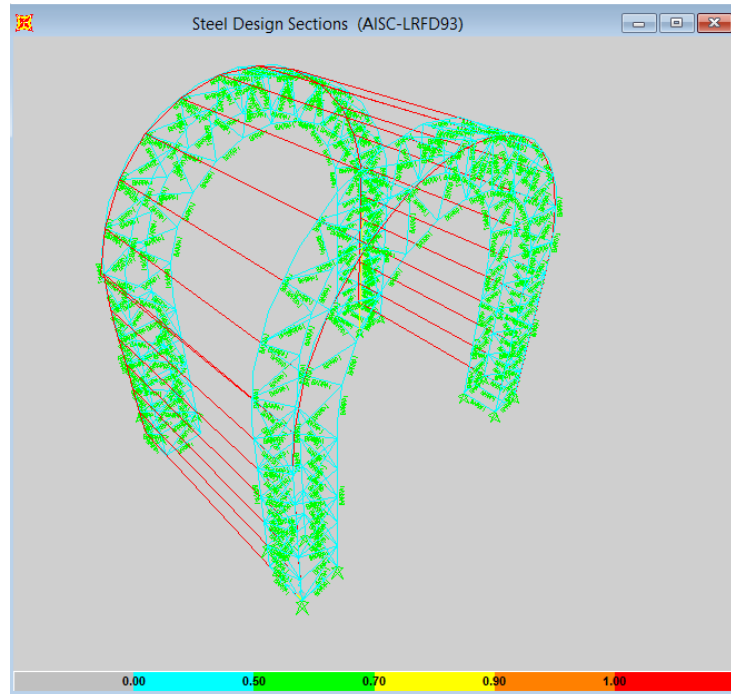
Ilustración 45 Resultados de momento en una barra.



Fuente: Autores

Tras realizar la comprobación de diseño en el software mencionado se tienen los siguientes resultados por el método LRFD planteado por el AISC.

Ilustración 46 Comprobación de diseño (AISC-LRFD)



Fuente: Autores.

Como se puede observar de la ilustración anterior Los valores de PMM demand/ Capacity Ratio están por debajo de 0.95 que es el límite para este método.

A continuación, se muestran los resultados para una barra montante de la cercha.”

Ilustración 47 Resultados SAP2000 v8. montante de la cercha

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK							
Combo : DSTL2							
Units : Tonf, m, C							
Frame	: 242	Design Sect:	BARRA1				
X Mid	: 1.750	Design Type:	Column				
Y Mid	: 1.250	Frame Type	: Moment Resisting Frame				
Z Mid	: 0.550	Sect Class	: Non-Compact				
Length	: 1.100	Major Axis	: 0.000 degrees counterclockwise from local 3				
Loc	: 1.100	RLLF	: 1.000				
Area	: 6.452E-04	SMajor	: 1.639E-05	rMajor	: 0.025	AUMajor	: 6.452E-04
IMajor	: 0.000	SMinor	: 1.639E-05	rMinor	: 0.025	AUMinor	: 6.452E-04
IMinor	: 0.000	ZMajor	: 1.639E-05	E	: 2534563.564		
Ixy	: 0.000	ZMinor	: 1.639E-05	Fy	: 25310.507		
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu	
1.100	-1.169	-0.009	-0.003	0.117	-0.011	0.002	
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO							
Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check	
(H1-1a)	0.815	0.785	0.022	0.008	0.950	OK	

Fuente: Autores.

Todos los resultados se muestran en el ANEXO 16 y los planos del túnel en el ANEXO 16.

3.7.2.6.2 El revestimiento.

“En muchos casos el revestimiento de los túneles se proyecta sobre criterios semiempíricos ante la dificultad de conocer la distribución real de presiones en el contorno de la cavidad. Este método está plenamente justificado en túneles pequeños construidos en terrenos conocidos como es el caso de redes de saneamiento” (JIMENEZ SALAS , 2005).⁴⁸

El espesor del revestimiento para el túnel en el colector es de 25 cm y el armado es igual que el colector a cielo abierto.

⁴⁸ Jiménez Salas 2005. Op. Cit. p. 1479.

3.8 Disposición del caudal de descarga:

El caudal de descarga al final del colector después de pasar por el derivador es de 0.2066 l/s. este caudal al no existir ninguna red existente que pueda evacuarlo debe ser tratado para posteriormente ser devuelto a la quebrada Calihuaycu. Para tal propósito se plantea una planta de tratamiento al final del colector de acuerdo con el tamaño de la población y el caudal sanitario en la descarga.

3.8.1 Planta de tratamiento de aguas residuales al final del colector.

“La prevención de la polución del agua y del suelo sólo es posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de aguas residuales. Sin embargo, ningún programa de control tendrá éxito si no se cuenta con los recursos financieros para su implantación, operación y mantenimiento permanente.” (Romero Rojas, 2008)⁴⁹

El principal objetivo de una PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales) es cuidar la salud y el bienestar de los beneficiarios.

En función del tipo de tecnología que se aplique a la PTAR, el nivel de inversión y la importancia de la obra surgirán nuevos objetivos específicos para el sistema de descontaminación que van desde la remoción de DBO, hasta la remoción de trazas de metales pesados, fenoles y pesticidas.

El nivel de remoción establecido para la PTAR de la parroquia Pintag se establece con los siguientes objetivos específicos:

- Remoción del DBO
- Remoción de sólidos suspendidos
- Remoción de patógenos.

⁴⁹ Romero Rojas, J. (2008). *Tratamiento de aguas residuales. 3ra ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, p.129.*

En función de los objetivos propuestos se tiene la complejidad del sistema, que delimita los procesos de tratamiento para estas aguas. Comúnmente se habla de pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario. En cada uno de estos se libera de ciertos contaminantes presentes en las aguas residuales.

“En general el pretratamiento tiene como objetivo remover del agua residual aquellos constituyentes que puedan causar dificultades de operación, el tratamiento primario se refiere a la remoción parcial de sólidos suspendidos, materia orgánica u organismos patógenos mediante sedimentación u otro medio.” (Romero Rojas, 2008)⁵⁰

“El tratamiento secundario convencional usa principalmente para la remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos, e incluye por ello los procesos de lodos activados, filtros percoladores, sistemas de lagunas y sedimentación.” (Romero Rojas, 2008)⁵¹

3.8.1.1 Requisitos de tratamiento.

La eficiencia del tratamiento de una PTAR depende exclusivamente de factores controlables como la presencia de desechos industriales, excesiva concentración de DBO, excesiva alcalinidad, gases tóxicos y reactivos como el ácido sulfhídrico, grasas y aceites en alta concentración.

El ministerio del ambiente limita estas concentraciones en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA”.

⁵⁰ Romero Rojas, J. (2008). *Op.Cit.* p. 130.

⁵¹ *Idem* 50

Tabla 51 Límites de descarga en el sistema de alcantarillado público.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables.	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables		ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220,0
Sólidos totales		mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0

Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Fuente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua.

De la tabla anterior se puede acotar que el límite de descarga en redes de alcantarillado de parámetros como el DBO₅ y el DQO están en 250 y 500 mg/l respectivamente. Estos valores son los límites que se pueden verter al alcantarillado público.

Los desechos como grasas y detergentes están regulados por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, así como los desechos industriales que para la quebrada Calihuaycu no se tiene ningún aportante.

3.8.1.2 Información disponible.

La información con la que se cuenta antes de plantear un sistema de desinfección es el análisis de agua al final de la descarga obteniendo parámetros del agua como el DBO₅ y el DQO. También se cuenta con la cota a la que se implantaría la PTAR y el caudal sanitario de descarga. Mediante una visita en campo para toma de muestras el día 24 de julio a las 11:50am se lograron los siguientes resultados.

Ilustración 48 Toma de muestras



Fuente: Autores

Ilustración 49 Resultados de laboratorio aguas residuales

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 165214
Hoja 1 de 1

NOMBRE DEL CLIENTE: Cristian Castillo
DIRECCIÓN: Jorge Toledo Oe2 157 y Quitumbe Ñan
ANÁLISIS: Físico químico
MUESTRA: Agua residual
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Líquido turbio
FECHA DE RECEPCIÓN: 24 de julio del 2018
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 24 de julio del 2018
LOCALIZACIÓN: Pintag
ENVASE: Polietileno
MUESTREO: Por el laboratorio
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 24 – 30 de julio del 2018
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 30 de julio del 2018
CONDICIONES AMBIENTALES: 24.1°C 37%HR

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO	RESULTADO	UNIDAD	METODO
Demanda Química de Oxígeno	32	mg/l	APHA 5220
Demanda Bioquímica de Oxígeno	27	mg/l	APHA 5210

Cecilia Luzuriaga
Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

Fuente: Labolab-Autores

3.8.1.3 Operaciones físicas unitarias.

“Las operaciones físicas unitarias se conocen como la aplicación de fuerzas físicas para realizar cambios en las propiedades y características del agua residual” (Metcalf & Eddy, 1995)⁵²

Las operaciones físicas comúnmente empleadas son: desbaste, mezclado, sedimentación, flotación, aireación.

⁵² Metcafl y Eddy. *Ingeniería de aguas residuales*, 1era edición. P.56

3.8.1.3.1 Desbaste.

“El desbaste es la operación unitaria que tiene los elementos separadores que pueden estar constituidos por barras, rejillas, telas metálicas o placas perforadas, donde las aberturas pueden ser de cualquier forma” (Metcalf & Eddy, 1995).⁵³

Mezclado

“Esta operación unitaria es de gran importancia para muchas fases del tratamiento de agua residual entre las que se puede citar la mezcla completa de una sustancia con otra, mezcla de suspensiones líquidas, floculación” (Metcalf & Eddy, 1995).⁵⁴

3.8.1.3.2 Sedimentación.

“La sedimentación consiste en la separación por la acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el de agua, esta operación es la más utilizada en el tratamiento de aguas residuales” (Metcalf & Eddy, 1995).⁵⁵

3.8.1.3.3 Flotación.

“Es una operación unitaria que se emplea para separar las partículas sólidas o líquidas de una fase líquida, se consigue introduciendo finas burbujas de gas, normalmente aire en la fase líquida” (Metcalf & Eddy, 1995)⁵⁶

3.8.1.3.4 Filtración en medio granular.

“En la actualidad la filtración se emplea de modo generalizado para conseguir una mayor eliminación de sólidos en suspensión” (Metcalf & Eddy, 1995)⁵⁷

3.8.1.4 Procesos químicos unitarios.

3.8.1.4.1 Desinfección con cloro.

⁵³ *Idem 52.*

⁵⁴ *Metcalf y Eddy, Op. Cit.p.*

⁵⁵ *Idem 54. p.74*

⁵⁶ *Idem 54.p. 74*

⁵⁷ *Idem 54.p.78*

“En todos los desinfectantes el cloro es el más empleado ya que satisface la mayoría de los requisitos. Por lo tanto los compuestos del cloro empleados en las plantas de tratamiento de aguas residuales son el cloro gas, el hipoclorito sódico, el hipoclorito de calcio, el dióxido de cloro” (Metcalf & Eddy, 1995)⁵⁸

3.8.1.5 Procesos biológicos unitarios.

“El objetivo principal del proceso biológico unitario es la coagulación y la eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica” (Metcalf & Eddy, 1995)⁵⁹

3.8.1.5.1 Procesos aerobios de tratamiento de cultivo fijo.

“Se emplean normalmente para eliminar la materia orgánica que se encuentra en el agua residual y también para llevar a cabo el proceso de conversión del nitrógeno amoniacal” (Metcalf & Eddy, 1995).⁶⁰

“Los procesos de cultivo incluyen los filtros percoladores, los filtros de pretratamiento, los reactores biológicos rotativos de contacto, y los reactores de nitrificación de lecho fijo” (Metcalf & Eddy, 1995).⁶¹

3.8.1.6 Criterios de diseño.

Los criterios de diseño para el presente proyecto parten desde plantear un sistema de tratamiento de aguas residuales para la descarga del colector combinado en el margen izquierdo de la quebrada Calihuaycu, que tiene las siguientes unidades.

- Canal de aproximación
- Caja de revisión
- Tanque de cribado y desarenador

⁵⁸ *Idem 54.p. 81*

⁵⁹ *Metcalf y Eddy, 1995, Op.Cit.p.*

⁶⁰ *Idem 59. p.769*

⁶¹ *Idem 59.p.781*

- Tanque séptico y filtro anaerobio de flujo ascendente.
- Caja de revisión
- Tanque de cloración
- Descarga

El sistema de desinfección planteado anteriormente se justifica de los resultados del análisis de agua y de las visitas al lugar y la calidad del caudal que se tendrá en la descarga. Es necesario un tanque de cribado y desarenador ya que las aguas residuales siempre vienen acompañadas de materiales flotantes, además de partículas suspendidas que serán cribadas por las rejillas del tanque y precipitadas por gravedad.

El tanque séptico y el filtro anaerobio de flujo ascendente como menciona Romero Rojas en su libro (Tratamiento de aguas residuales.) “Para aguas residuales domesticas sedimentadas, Mara y la EAAB recomiendan para un 70% de reducción de DBO, un volumen de filtro anaerobio de $0.05\text{m}^3/\text{hab}$ con un lecho de por lo menos 50 cm de altura, para operación satisfactoria, sin mantenimiento, durante 18 a 24 meses” (Romero Rojas, 2008).⁶²

Se plantea un sistema anaerobio para evitar gastos de oxigenación de las aguas tratadas, eliminar unidades de sedimentación prolongada y acortar el tiempo de retención hidráulica.

Una vez definido y justificado el sistema de desinfección se plantean los criterios de diseño.

3.8.1.6.1 Tiempo de retención hidráulica.

Está ligado a unidades de volumen sobre unidades de caudal. Es el tiempo que el agua residual se mantendrá en una unidad del sistema de tratamiento.

3.9.1.6.2 Población de diseño.

Es la misma población con la que se dimensionó el colector combinado

3.8.1.6.3 Caudal de diseño.

Es el caudal sanitario al final del periodo de diseño $Q_{sa}=20.66\text{l/s}$

⁶² Romero Rojas, J. (2008). *Op.Cit.* p. 707.

3.8.1.6.4 Desinfección.

La desinfección más común para PTAR se realiza con hipoclorito de calcio y las dosificaciones se muestran a continuación.

3.8.1.6.5 DQO y DBO de diseño.

Los valores de DQO y DBO con los que se realizará el diseño son de: 32 y 27 mg/l respectivamente, estos valores serán mayorados por un factor de 6 ya que en un día antes de la toma de muestras hubo abundante lluvia en el sector aumentando la disolución de las aguas residuales dentro de las aguas lluvias además que estos valores nos sirven para plantear un sistema de tratamiento, pero en estricto rigor se debería hacer un estudio del DQO y DBO en el tiempo.

3.8.1.7 Diseño de la PTAR.

Se describe el dimensionamiento de cada una de las unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales antes descritas

Tabla 52 Datos de ingreso para el diseño.

Planta de tratamiento de aguas residuales	
DATOS DE INGRESO	
Población de diseño, P(dis)	16320 hab
Tiempo de Retención Hidráulica, TRH	12 h.
Demanda bioquímica de agua, DBO5	162 mg/l
Dotación neta, l/hab/día	160 l/hab/día
Coeficiente de retorno, R	0.8
Caudal de diseño, l/s	20.66 l/s

Fuente: Autores.

3.8.1.7.1 Caja de revisión.

Debe permitir la inspección del flujo se diseña con las dimensiones mínimas. (0.6x0.6x0.6) m con un espesor de muro de 10cm.

3.8.1.7.2. Canal de distribución.

Este canal cumple la función de ordenar el paso de los caudales hacia el tanque de cribado y desarenador. Se diseña como canal rectangular con flujo a superficie libre igualando el caudal

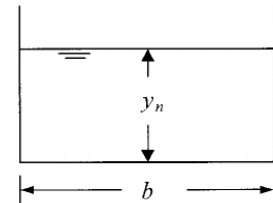
a la ecuación de Manning e iterando hasta encontrar el calado con una base del asumida de 40 cm.

Tabla 53 Diseño del canal de distribución

Canal de distribución

Se aplica la ecuación:

$$Q = \frac{W * R^{\frac{2}{3}} * j^{\frac{1}{2}}}{n}$$



W, Sección del canal	0.02754		
R, radio hidráulico	0.0512182		
J, pendiente del fondo del canal	0.5%		
n, rugosidad	0.013	b	0.4 m
Q dis, Caudal de diseño	20.66	y calculado	0.07 m
X, perímetro mojado	0.5377	H canal	20 cm
V, velocidad de flujo	0.75	Q	
Fr, número de froude	0.94	Calculado	20.66 l/s
Régimen de flujo	SUBCRÍTICO	y crítico	0.06 m
		V crítica	0.80 m/s

Fuente: Autores.

3.8.1.7.3 Tanque de cribado y desarenador.

“En el tratamiento de aguas residuales se usan rejillas gruesas principalmente de barras o varillas de acero. [...]. Las partículas suspendidas mayores que 0.64cm pueden removerse más económicamente mediante cribado que por cualquier otra operación unitaria” (Romero Rojas, 2008)⁶³

La bibliografía especializada recomienda para rejillas de limpieza manual lo siguiente:

⁶³ Romero Rojas, J. (2008). *Op.Cit.* p. 287.

Tabla 54 Características de rejillas de barras

Característica	Limpieza manual
Ancho de las barras	0.5-1.5cm
Profundidad de las barras	2.5-7.5 cm
Abertura o espaciamiento	2.5-5 cm
Pendiente con la vertical	30 -45 grados
Velocidad de acercamiento	0.3-0.7 m/s
Pérdida de energía permisible	15cm

Fuente: Romero Rojas, Tratamiento de aguas residuales (2008)

Para calcular las pérdidas de carga en rejillas se utiliza la ecuación clásica para orificios:

$$H = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2$$

Donde:

H pérdida de energía, m


Q caudal de aproximación, m³/s

C coeficiente de descarga, 0.6 para rejillas limpias

A área efectiva de flujo de la rejilla, m²

Se diseñan rejillas con las siguientes características:

Tabla 55 Diseño de las rejillas

Rejillas			
Característica	Diseño	A flujo	0.023 m2
Ancho de las barras	1 cm	n barras	7
Profundidad de las barras	2.5 cm		
Abertura o espaciamiento	5 cm		
Pendiente con la vertical	45		
Velocidad de acercamiento	0.75 m/s		
Pérdida de energía	0.12 m		

Fuente: Autores

“Los desarenadores, en el tratamiento de aguas residuales, se usan para remover arena, grava, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico

bastante mayor que el de los sólidos orgánicos degradables de las aguas residuales” (Romero Rojas, 2008).⁶⁴

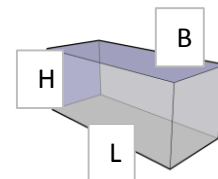
El manual de procedimientos IEOS menciona en el artículo 5.3.5.3. que: “Los desarenadores serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0.2mm. para el efecto se debe tratar de controlar y mantener la velocidad de flujo alrededor de 0.3m/s. [...].

La tasa de aplicación puede estar con un promedio recomendado de 40m³/(m²·h)”

Se presenta el diseño del desarenador con las condiciones expuestas anteriormente.

Tabla 56 Diseño del desarenador.

Desarenador	
$V_s = \frac{g}{18} x \frac{(S_s - 1)^2}{v_{agua}} \quad t = \frac{H}{V_s} \quad V = Q_{dis} * TR_h$	
Vs, velocidad de sedimentación	3.57 cm/s
g, Aceleración de la gravedad	9.81 'm/s ²
Ss, Gravedad específica	2.65
v agua, viscosidad del agua	0.01007
Tamaño de partícula	0.02
H, altura útil del desarenador, asumido	1.50 m
t, Tiempo en llegar al fondo de la partícula	42.0 s
TRh, Tiempo de retención hidráulica	5.0 "
Volumen del desarenador	6.20 m ³
Superficie requerida	0.58 m ²
B, ancho del desarenador	1.50 m
L, largo del desarenador	2.75 m



Fuente: Autores.

⁶⁴ Romero Rojas, J. (2008). *Op.Cit.* p. 293.

3.8.1.7.4 Tanque reactor y filtro anaerobio de flujo ascendente.

“El tanque reactor se caracteriza porque en él la sedimentación y la digestión ocurren dentro del mismo tanque. [...]. Consiste esencialmente en uno o varios tanques o compartimientos, en serie de sedimentación de sólidos” (Romero Rojas, 2008)⁶⁵

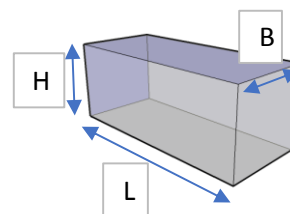
La capacidad se puede determinar por distintas formas, en base a la población servida o al caudal de diseño.

El tiempo de retención hidráulica es de 12 horas, y el volumen se calcula por medio del caudal medio diario que ingresa multiplicado por el TRh.

Teniendo así un volumen de tanque reactor 892 m³.

Tabla 57 Volumen del reactor

2. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL REACTOR	
$V_{Reactor} = Q(dis) * TRh =$	892512.0 l 892.5 m ³
Área del Reactor = $\frac{\text{Altura asumida 4 m} * V_{Reactor}}{\text{long asumida}}$	= 223 m ²
	B= 10 m L= 22 m



Fuente: Autores.

Por otra parte, el filtro anaerobio de flujo ascensional que es la unidad que continua inmediatamente después del tanque reactor “Es un proceso de crecimiento adherido propuesto por Young y McCarty en 1969, para el tratamiento de residuos solubles” (Romero Rojas, 2008)⁶⁶

Este sistema es muy sencillo de mantener ya que el flujo al subir por un medio filtrante tiene posibilidades mínimas de taponamiento.

⁶⁵ Romero Rojas, J. (2008). Op.Cit. p. 688.

⁶⁶ Romero Rojas, J. (2008). Op.Cit. p. 706.

“El filtro anaerobio usa como medio de soporte de crecimiento de piedras, anillos de plástico, bioanillos, colocados al azar. La mayor parte de la biomasa se acumula en los vacíos intersticiales existentes entre el medio” (Romero Rojas, 2008)⁶⁷

Se diseña en base al tiempo de retención hidráulica para aguas residuales con concentraciones inferiores a 8000 mg/l.

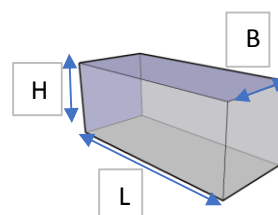
Tabla 58 Parámetro de diseño de filtros anaerobios.

Parámetro	Valor
DQO Afluente, mg/l	1000-30000
Tiempo de retención, h	24
Diámetro del medio, cm	2 a 17
Remoción del DQO	80 a 95%
Velocidad de flujo, m/d	<10
Carga orgánica, kg DQO/m ³ d	5 a 30

Fuente: (Romero Rojas, 2008)

Tabla 59 Diseño del filtro anaerobio

CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL FILTRO	
$V_{Reactor} = Q(dis) * TRh =$	1785.0 m ³
TRh, Tiempo de retención hidráulica	24.0
Altura del lecho filtrante	2m
Altura asumida	5 m
Área del Filtro = $\frac{V_{Reactor}}{long\ asumida}$	= 357 m ²
B=	18 m
L=	20 m



Fuente: Autores.

3.8.1.7.5 Desinfección con cloro.

Una de las desventajas del filtro anaerobio de flujo ascendente como se menciona en el manual de procedimientos IEOS es la baja remoción de bacterias y parásitos. Por lo que se propone una desinfección con hipoclorito de calcio.

La dosificación recomendada para el control de olores y control de crecimientos de películas biológicas es de 1 a 10mg/l por lo que se ha tomado un valor de 5mg/l.

⁶⁷ Idem 66

El hipoclorito de calcio contiene, por lo menos un 70% de cloro disponible en forma seca esto quiere decir que al tener un caudal a tratarse de 20.66l/s al día tendremos 1785024 litros a una razón de 5mg/l tendremos 8.93 kg de hipoclorito de calcio, y, como el cloro presente en el hipoclorito de calcio es del 70% tendríamos $8.93/0.7$ lo que nos da un valor de hipoclorito de calcio de 12.75 kg cada día

Los planos hidráulicos de la PTAR se encuentran en el anexo 21.

3.8.1.8 Eficiencia de la PTAR.

La eficiencia se mida de las condiciones antes del tratamiento de los indicadores muestreados vs las condiciones después del tratamiento, es importante mostrar el rendimiento de eliminación de cada unidad del sistema de tratamiento y calcular las condiciones finales con este porcentaje y compararlo con la normativa que regula el vertido en cauces naturales.

De Metcalf y Eddy 1995, se extraen los siguientes valores.

Tabla 60 Rendimiento de eliminación

Unidad de tratamiento	Rendimiento de eliminación en %		
	DBO	DQO	SS
Rejas de barras	nulo	nulo	nulo
Desarenadores	0 a 5	0 a 5	0 a 10
Sedimentación	30 a 40	30 a 40	50 a 65
Fangos activados	80 a 95	80 a 95	80 a 90
Filtros percoladores	65 a 80	60 a 80	60 a 85
Cloración	nulo	nulo	nulo

Fuente: Metcalf y Eddy, 1995. Adaptado.

Mientras que por otro lado los valores permisibles de descarga regulados por el ministerio del ambiente son los siguientes:

Tabla 61 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno			
Sólidos Suspendidos Totales	DQO	mg/l	200
Sólidos totales	SST	mg/l	130
	ST	mg/l	1 600

Fuente: Ministerio del Ambiente, adaptado

Entonces se tiene la eficiencia de la PTAR de 80% lo que reduce del DBO de 162mg/l a 32.4 lo que es aceptable con respecto a la normativa ambiental vigente.

Capítulo IV

Impacto ambiental

4.1 Antecedentes:

El proyecto “DISEÑO DEL COLECTOR COMBINADO EN EL MARGEN IZQUIERDO DE LA QUEBRADA CALIHUAYCU PARA LA PARROQUIA PINTAG, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA-ECUADOR”. Cuya actividad es la construcción de un colector combinado, así como las obras hidráulicas que este concierne incluyendo planta de tratamiento.

4.2 Alcance

El alcance de este estudio de impacto ambiental es la evaluación y mitigación de los impactos ambientales que ocasione la construcción del colector combinado en el margen izquierdo de la quebrada Calihuaycu.

4.3 Descripción general del área de estudio.

Provincia-Pichincha.

Cantón- Quito.

Parroquia- Pintag.

Se puede llegar a la parroquia Pintag por la vía E35, tomando el camino a la reserva ecológica Antisana.

El colector combinado del margen izquierdo de la quebrada Calihaycu tiene una longitud estimada de 4162 metros inicia su recorrido paralelamente al desarrollo urbano de la población en las coordenadas en las coordenadas: 9957481.17 N, 514446.97 E. hasta llegar a sitio de su descarga planteada en las coordenadas: 9960832.49N, 514539.94E.

El estado del proyecto es construcción y operación posterior y se encuentra en la zona rural. El nivel más alto en la parroquia es de 4500 m.s.n.m. y el nivel más bajo es de 2400 m.s.n.m.

Los límites del proyecto son: al norte, Quebrada Saltín, al sur el barrio San Alfonso, al este la quebrada Sacramento y al oeste la quebrada Patasillí.

“La parroquia San Jerónimo de Píntag está ubicada al sur-oriente de la provincia de Pichincha dentro del Distrito Metropolitano de Quito, esta parroquia toma su nombre de uno de los generales que resistieron la conquista de los Incas, como asentamiento humano existe desde el siglo XVI como parte de los territorios quiteños” (PDyOT,2015)⁶⁸

4.4 Área de influencia

El área intervenida del proyecto es de 192 hectáreas. La longitud total del proyecto es de 4.162 km. La parroquia cuenta con agua potable, alcantarillado (parcialmente), sistema de recolección de residuos sólidos, telefonía móvil y fija, con respecto a la movilidad existen en Pintag vías de segundo orden.

La topografía es accidentada con fuertes pendientes y la situación de los predios son municipales, comunales y de propiedad privada.

4.5 Población

Como se ha indicado en el capítulo 2.1.3 la población de la parroquia Pintag es de 17930 en el año 2010, después de ser proyectado al periodo de diseño del proyecto se contaría con 42642 habitantes, para más detalles ver [tabla 14](#)

4.6 Descripción biofísica

El área rural de la provincia de Pichincha cuenta con una diversidad muy amplia , con varios ecosistemas nativos que albergan numerosas especies de plantas, aves y mamíferos enriqueciendo el territorio, a su vez se constituyen en un componente de vital importancia ya que la identificación de estas riquezas nos permitirá aprovechar los recursos naturales existentes, prever las amenazas naturales y antrópicas y regular el aumento disperso de asentamientos humanos. (PDyOT, 2015)⁶⁹

⁶⁸Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Pintag, Actualización 2015.

⁶⁹ Idem 68

Los componentes biofísicos ya descritos en el presente trabajo de titulación son los siguientes: “Distribución general del uso del suelo, tipo de suelo, topografía y relieve, infraestructura y servicios, características climáticas y recursos hídricos.” Y se encuentran respectivamente en los subcapítulos 1.4.3, 1.4.4, 1.4.5, 1.4.6, 1.5.1, 1.5.2.

4.6.1 Ecosistemas frágiles, servicios ambientales y territorios bajo conservación.

“El ecosistema es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes. Las especies del ecosistema, incluyendo bacterias, hongos, plantas y animales dependen unas de otras. Las relaciones entre las especies y su medio resultan en el flujo de materia y energía del ecosistema (PDyOT, 2015)”⁷⁰.

El plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Pintag menciona cuantas áreas protegidas existen y cuáles son sus principales características. En la siguiente tabla se puede verificar la información:

Tabla 62 Áreas protegidas Pintag

Nombre del área protegida	Categoría			Superficie con cobertura natural	Prioridad de conservación
					(MAE)
-Reserva ecológica Antisana		Creación del área	21-jul-93	120.000 hectáreas	Alta
	Conservación de áreas naturales, y vida silvestre	Acuerdo o resolución	R-18		
			Número de registro		
	Laguna Micacocha	Es la más grande de la reserva y nace en las faldas del Antisana.			
Laguna de la Mica	Posee un agua cristalina y sobre todo muy fría y sirve como abastecimiento de agua potable para el sur de Quito.				

⁷⁰ Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Pintag, 2015. p. 34.

	El origen de esta laguna es volcánico, producto de erupciones secundarias del Volcán Antisana y por la descarga de agua	
Laguna de secas	de un riachuelo que se forma de los deshielos del Antisana	mide aproximadamente 300m2;
Laguna Tipo-pugro	Se presume que el origen de esta laguna es volcánico producto de erupciones secundarias del volcán Antisana	mide aproximadamente 280 m2

Fuente GADPP

4.6.2 Amenazas y vulnerabilidad.

El volcán Antisana es una amenaza natural porque Pintag se encuentra en las partes bajas del mismo, por otro lado, el riesgo de incendio en bosques protegidos también es un riesgo latente.

Se presentan a continuación un resumen de amenazas en la parroquia.

Tabla 63 Amenazas Pintag

Amenazas Naturales	Ubicación	Ocurrencia
Volcánica Cotopaxi y Antisana	Toda la Parroquia	Alta
Terremoto	Toda la Parroquia	Media
Sequía		
Helada	Paramos	Media
Amenazas antrópicas		
Quema	Paramos	Media
Tala	Bosques naturales	Media
Caza	Paramos del Antisana	
Erosión	Toda la Parroquia	Alta
Contaminación	Recurso agua, aire y suelo de la	Alta

Fuente: GADPP

4.7 Aspectos socioeconómicos

Se presentan a continuación los aspectos socioeconómicos de la parroquia Pintag.

4.7.1 Escolaridad.

Tabla 64 Escolaridad en Pintag.

Indicadores de Educación	
Descripción	%
Analfabetismo (1990)	19.98
Analfabetismo (2001)	13
Analfabetismo (2010)	6.46
Años de escolaridad (1990)	4.24
Años de escolaridad (2001)	5
Tasa neta de escolarización primaria (1990)	91.64
Tasa neta de escolarización primaria (2001)	93
Tasa neta de escolarización primaria (2010)	39.64
Tasa neta de escolarización secundaria (1990)	38.94
Tasa neta de escolarización secundaria (2001)	44
Tasa neta de escolarización secundaria (2010)	22.61
Tasa neta de escolarización superior (1990)	7.12
Tasa neta de escolarización superior (2001)	7
Tasa neta de escolarización superior (2010)	8.11

Fuente: INEC censo de población y vivienda 2010.

En la tabla anterior se muestra la escolaridad de la parroquia Pintag evidenciando que la mayor parte de la población tiene instrucción primaria y que tan solo el 8.11% tiene educación superior.

4.7.2 Salud.

Tabla 65 Centros de salud Pintag

Centro de salud	Ubicación	Institución responsable
Pintag	Antisana y Humboldt	Ministerio de Salud Pública
Tolontag	Calle Tolontag Luz del Valle, frente al Consejo de Agua	

Fuente:(PDyOT,2105)

Existen dos centros de salud a cargo del ministerio de salud pública del Ecuador, que satisfacen las necesidades de la parroquia.

4.7.3 Indicadores de pobreza.

Tabla 66 Indicadores de pobreza Pintag

Indicadores	%	N°
Desnutrición crónica (parroquial)	51.8	155
Desnutrición global(parroquial)	44.2	111
Tasa de mortalidad infantil (quito)	21.2	869
Tasa de natalidad (por 1000 hab)(país)		27
Tasa de mortalidad general (por 1000 hab) país	43.0	
Tasa de mortalidad infantil (por 1000 hab) país	18.20	50701
Personal de salud (por 1000 hab) (país)	17.3	

Fuente: (PDyOT, 2015)

La parroquia muestra altos índices de desnutrición con un 51.8%, y de estos el grupo más afectado son los niños y niñas de la parroquia.

4.7.4 Población económicamente activa.

Tabla 67 PEA Pintag.

Población económicamente activa				
Sexo				Total
Hombre	%	Mujer	%	
4.847	62.86%	2.863	37.14%	7711

Fuente: INEC censo de población y vivienda 2010

Como se muestra, la tasa de hombres económicamente activos es superior a la de mujeres, lo que evidencia que se tiene más acceso al trabajo en el género masculino.

Por rama de actividad la población se dedica a:

Tabla 68 PEA por actividad.

Rama de actividad	CASOS	%
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1377	18%
Explotación de minas y canteras	41	1%
Industrias manufactureras	975	13%
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	68	1%
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	45	1%
Construcción	1222	16%
Comercio al por mayor y menor	841	11%
Transporte y almacenamiento	486	6%

Actividades de alojamiento y servicio de comidas	187	2%
Información y comunicación	54	1%
Actividades financieras y de seguros	30	0%
Actividades inmobiliarias	13	0%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	113	1%
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	180	2%
Administración pública y defensa	188	2%
Enseñanza	314	4%
Actividades de la atención de la salud humana	105	1%
Artes, entretenimiento y recreación	30	0%
Otras actividades de servicio	160	2%
Actividades de los hogares como empleadores	526	7%
Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	2	0%
No declarado	547	7%
Trabajador nuevo	230	3%
Total	7734	100%

Fuente: INEC censo de población y vivienda 2010

Las ramas de ocupación predominantes en la parroquia Pintag son: agricultura, ganadería, silvicultura y pesca con un 18% de participación.

La población económicamente activa por categoría de ocupación

Tabla 69 PEA por ocupación.

Categoría de ocupación	CASOS	%
Empleado/a u obrero/a del Estado, Gobierno, Municipio, Consejo Provincial, Juntas Parroquiales	588	8%
Empleado/a u obrero/a privado	2591	35%
Jornalero/a o peón	1242	17%
Patrono/a	174	2%
Socio/a	75	1%
Cuenta propia	1823	24%
Trabajador/a no remunerado	129	2%
Empleado/a doméstico/a	548	7%
Se ignora	334	4%
Total	7504	100%

Fuente: INEC censo de población y vivienda 2010

La tabla nos muestra que la categoría de ocupación que lidera en la parroquia Pintag es “Empleado u obrero privado” con un 35% de toda la población, seguido de población que trabaja por cuenta propia representado por un 24%.

4.8 Aspectos legales

- CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR.

Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre del 2008.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas: 27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural

- LEY DE GESTION AMBIENTAL. Codificación 19, Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de septiembre del 2004.

Art. 19.- Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

- LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, codificación 20 publicada en el Registro Oficial Suplemento No.418 del 10 de septiembre del 2004

Art. 1.- Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de

los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la flora y a las propiedades.

Art. 10.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

- TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE. - Decreto Ejecutivo 3516, Publicado en el Registro Oficial Suplemento 2 del 31 de marzo del 2003.

Art. 13.- Objetivo General de la evaluación de impactos ambientales. El objetivo general de la evaluación de impactos ambientales dentro del SUMA es garantizar el acceso de funcionarios públicos y la sociedad en general a la información ambiental relevante de una actividad o proyecto propuesto previo a la decisión sobre la implementación o ejecución de la actividad o proyecto.

Art. 27.- Suspensión de la licencia ambiental. - En el caso de no conformidades menores del Plan de Manejo Ambiental y/o de la normativa ambiental vigente, comprobadas mediante las actividades de control, seguimiento y/o auditorías ambientales, la autoridad ambiental de aplicación suspenderá, mediante resolución motivada, la licencia ambiental, hasta que los hechos que causaron la suspensión sean subsanados. La suspensión de la licencia ambiental interrumpirá la ejecución del proyecto, bajo responsabilidad del propio ejecutor, durante el mismo tiempo.

Art. 59.- Plan de Manejo Ambiental. El plan de manejo ambiental incluirá entre otros un programa de monitoreo y seguimiento que ejecutará el regulado, el programa establecerá los aspectos ambientales, impactos y parámetros de la organización, a ser monitoreados, la periodicidad de estos monitoreos, la frecuencia con que debe reportarse los resultados a la entidad ambiental de control. El plan de manejo

ambiental y sus actualizaciones aprobadas tendrán el mismo efecto legal para la actividad que las normas técnicas dictadas bajo el amparo del presente Libro VI de la Calidad Ambiental.

- DECRETO EJECUTIVO 1040, Reglamento de Aplicación de los mecanismos de Participación Social de la Ley de Gestión Ambiental

Artículo 6.- De la participación social: la participación social tiene por objeto el conocimiento, la integración y la iniciativa de la ciudadanía para fortalecer la aplicación de un proceso de evaluación de impacto ambiental y disminuir sus márgenes de riesgo e impacto ambiental.

Artículo 7.- Ámbito: la participación social se desarrolla en el marco del procedimiento “de la evaluación de impacto ambiental y del control ambiental”, del Capítulo II, Título III de la Ley de Gestión Ambiental.

Artículo 8.- Mecanismos: sin perjuicio de otros mecanismos establecidos en la constitución política y en la ley, se reconocen como mecanismos de participación social en la gestión ambiental, los siguiente:

- Audiencias, presentaciones públicas, reuniones informativas, asambleas, mesas ampliadas y foros públicos de diálogo;
- Talleres de información, capacitación y socialización ambiental;
- Campañas de difusión y sensibilización ambiental a través de los medios de comunicación;
- Comisiones ciudadanas asesoras y de veedurías de la gestión ambiental;
- Participación a través de las entidades sociales y territoriales reconocidas por la ley especial de descentralización y participación social, y en especial mediante los mecanismos previstos en la ley orgánica de las juntas parroquiales;
- Todos los medios que permitan el acceso de la comunidad a la información disponible sobre actividades, obras, proyectos que puedan afectar al ambiente;
- Mecanismos de información pública;
- Reparto de documentación informativa sobre el proyecto;
- Página web;
- Centro de información pública; y,
- Demás mecanismos que se establezcan para el efecto.

Artículo 9.- La participación social es un elemento transversal y trascendental de la gestión ambiental. En consecuencia, se integrará principalmente durante las fases de toda actividad o proyecto propuesto, especialmente las relacionadas con la revisión y evaluación de impacto ambiental.

- REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO. En vigencia desde el año 1986 mediante Decreto Ejecutivo 2393.

Art. 1. Ámbito de aplicación. - Las disposiciones del presente Reglamento se aplicarán a toda actividad laboral y en todo centro de trabajo, teniendo como objetivo la prevención, disminución o eliminación de los riesgos del trabajo y el mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

Todas las empresas contratistas para la ejecución del proyecto, deben tomar en cuenta las disposiciones de este Reglamento, el Ministerio de Relaciones Laborales del Ecuador y Riesgos del Trabajo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social velarán por el cumplimiento estricto en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.

- REGLAMENTO DE SEGURIDAD PARA LA CONSTRUCCION Y OBRAS PÚBLICAS.

Publicado en el Registro Oficial No. 249 del 10 de enero del 2008.

Art. 150.- Los constructores y contratistas respetarán las ordenanzas municipales y la legislación ambiental del país, adoptarán como principio la minimización de residuos en la ejecución de la obra. Entran dentro del alcance de este apartado todos los residuos (en estado líquido, sólido o gaseoso) que genere la propia actividad de la obra y que en algún momento de su existencia pueden representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores o del medio ambiente.

Art. 151.- Los constructores y contratistas son los responsables de la disposición e implantación de un plan de gestión de los residuos generados en la obra o centro de trabajo que garantice el cumplimiento legislativo y normativo vigente.

- ACUERDO MINISTERIAL N° 061, PUBLICADO EN REGISTRO OFICIAL. QUITO, 4 DE MAYO DEL 2015 REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE.

Art. 14 De la regularización del proyecto obra o actividad.- Los proyectos, obras o actividades constantes en el catálogo expedido por la Autoridad Ambiental Nacional deberán regularizarse a través del SUIA.

Art. 262 “De los Informes Ambientales de Cumplimiento. - Las actividades regularizadas mediante un Registro Ambiental serán controladas mediante un Informe Ambiental de Cumplimiento, inspecciones, monitoreos y demás establecidos por la Autoridad Ambiental Competente.

- ACUERDO MINISTERIAL N° 026. Publicado en Registro Oficial N° 334. Quito 12 de mayo del 2008. Procedimientos para: registro de generadores de desechos peligrosos, gestión de desechos peligrosos previo al licenciamiento ambiental, y para el transporte de materiales peligrosos.

Art. 1.- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, que genere desechos peligrosos deberá registrarse en el Ministerio del Ambiente, de acuerdo con el procedimiento de registro de generadores de desechos peligrosos

Art. 2.- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que preste los servicios para el manejo de desechos peligrosos en sus fases de gestión: reúso, reciclaje, tratamiento biológico, térmico, físico, químico y para desechos biológicos; coprocesamiento y disposición final, deberá cumplir con el procedimiento previo al licenciamiento ambiental para la gestión de desechos peligrosos.

Art. 3.- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que preste los servicios de transporte de materiales peligrosos, deberá cumplir con el procedimiento previo al licenciamiento ambiental.

4.9 Unidades que conforman el proyecto

El proyecto se conforma por las siguientes unidades:

- Colector combinado
- Pozos de revisión
- Pozos de salto
- Derivadores de caudal
- Pasos elevados

- Túnel
- Planta de tratamiento

Cada una de estas unidades están descritas y diseñadas en capítulos anteriores.

4.10 Proceso constructivo

Tabla 70 Proceso constructivo

Proceso constructivo	
Actividad	Descripción
Limpieza y desbroce del terreno	Cortar, desenraizar y retirar de los sitios de construcción, los árboles incluidos sus raíces, arbustos, etc.
Replanteo y nivelación del terreno	Trazado en el terreno, confirmación de longitudes y niveles llevados de los diseños y/o las órdenes del fiscalizador al sitio donde se implementará el proyecto
Excavación a cielo abierto	La excavación será efectuada de acuerdo con los datos señalados en los planos, en cuanto a alineaciones pendientes y niveles, excepto cuando se encuentren inconvenientes imprevistos, en este caso se requerirá el criterio del fiscalizador.
	Se aplicará excavación manual cuando la zanja sea poco profunda y los materiales puedan ser removidos sin mayor esfuerzo por los métodos ordinarios, esto es con el uso de picos y palas o martillos rompedores eléctricos o neumáticos.
	Se utilizará excavación de zanjas en tierra, la que se realice con la utilización de retroexcavadoras o excavadoras que excaven, remuevan y desalojen materiales granulares correspondientes a cangaguas, (limos, limos arenosos, arenas, pómez, o una mezcla de éstos) y que presenten hasta una consolidación media y muestren una resistencia a la compresión simple
Movimientos de tierra	Conjunto de actividades a realizarse manuales o mecánicas, en un terreno para la ejecución de una obra.
Colocación de tubería	Instalación de tuberías sobre superficies rasanteadas
	Antes de la instalación de las tuberías se colocará una cama de arena de 10 cm., se asentará por tramos, parcialmente la tubería se asentará con sacos de material granular colocados en la parte superior, para evitar que se levante cuando se rellene los costados
Rellenos	Para el relleno se empleará preferentemente el material producto de la propia excavación, seleccionando el material cohesivo de la cangagua, evitando que se mezcle con arena
	En el caso de que se tenga material granular, el tamaño del agregado debe ser menor que 5 cm.

	Cuando los suelos no cumplan con el peso específico indicado, se utilizará material de reposición o se mejorará su condición añadiendo cemento en las proporciones indicadas en las especificaciones
Pozos de revisión	Armado, fundido de pozos de revisión
Pasos elevados	Colocación de pasos elevados según diseños
Separador de caudales	Los separadores de caudales son obras un poco diferentes a los pozos y colectores en gradas, pero su proceso constructivo es similar a la combinación de estas obras
Túnel	Excavación del túnel como se muestra en especificaciones, entibado del túnel con cerchas de acero corrugado y tablón cada 1 metro
	armado, encofrado y fundido de sostenimiento definitivo como se muestra en planos de detalle
Colector	Armado, encofrado y fundido del colector combinado

Fuente: Autores

4.11 Identificación y evaluación de impactos ambientales

“Los impactos de un proyecto o actuación han de ser identificados en función de las relaciones causa (acción de un proyecto)-efecto (alteración de un factor ambiental)” (Ruiz, 2013).⁷¹

Luego de identificar cada uno de estos impactos, se los califica y se plantea una mitigación al posible impacto.

⁷¹ Rosa M. Arce Ruiz (2013). *La evaluación ambiental en la ingeniería civil. (1era ed).* Madrid: Espana, Mundi Prensa, p.131.

Tabla 71 Identificación de impactos

Actividad	Factor	Impacto
Fase de construcción		
Desbroce de vegetación	Paisaje	Impacto visual por acumulación de escombros y desechos sólidos
	Flora	Afectación a la flora por retiro de vegetación
	Suelo	Erosión del suelo por ausencia de vegetación protectora
Movimiento de tierras, explanación y nivelación del terreno	Aire	Deterioro de la calidad del aire por generación de emisiones de combustión de la maquinaria pesada
	Suelo	Afectación al suelo por disposición inadecuada de aceites y grasas (desechos peligrosos)
	Agua	Contaminación del agua por remoción de suelo y caída de sedimentos.
	Ruido	Afectación a vecinos y a fauna en general por las emisiones de ruido provenientes de la maquinaria pesada, vehículos, equipos y herramientas.
Excavación manual y mecánica, corte, fraguado, hormigonado	Aire	Deterioro de la calidad del aire por la generación de material particulado
	Suelo	Alteración del suelo por la inadecuada disposición de los desechos sólidos
	Ruido	Contaminación acústica por la maquinaria pesada
	Socio - Económico	Generación de empleo, contratación de mano de obra local
		Alteración de la salud de los trabajadores por uso inadecuado de EPP

Instalación de tubería	Socio económico	Alteración de la salud de los trabajadores por uso inadecuado de EPP
		Benéfico por la generación de empleo
FASE DE OPERACIÓN		
Manejo de desechos sólidos	Suelo	Contaminación del suelo por el manejo inadecuado de desechos sólidos
Mantenimiento del sistema de colectores	Socio económico	Interrupción en el tráfico vehicular por maquinaria pesada en la vía

Fuente: Autores

4.12 Plan de manejo ambiental

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
FASE DE CONSTRUCCIÓN				
PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS				
Actividad	Responsable	Duración	Medio de verificación	Presupuesto
Colocar lona para cubrir cobertora en las volquetas para transporte de materiales y escombros.	contratista	365	Registro fotográfico	\$ 217,00
Adecuar y mantener una zona denominada escombrera temporal dentro del área del proyecto.	contratista	365	Registro fotográfico	\$ 1.636.18
Utilizar agua para control de polvo en las áreas donde se genera polvo, a través del uso de tanquero. Tasa de aplicación de 0.9 a 3.5 litros/m2 variable	contratista	365	Registro fotográfico	\$ 3.500.00
Implementar avisos (señalización) para la reducción de velocidad por circulación de maquinaria pesada	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 500.00

Verificar que la maquinaria cuente con registros de mantenimiento en el último semestre, en caso de ser necesario realizar mantenimiento en sitios autorizados (fuera del área de construcción)	Contratista	365	Documentos habilitantes	\$ 80.00
Realizar las mezclas de concreto sobre una caja de madera o sobre geotextil, a fin de no realizarlas directamente sobre el uso y evitar que aguas de escorrentía arrastren los residuos de cemento	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 322,50
Implementar una batería sanitaria por frente de trabajo, conectada al sistema de alcantarillado para uso del personal en obra.	Contratista	365	Registro fotográfico, Documentos	\$ 2.500.00
Coordinar con el Municipio las vías de uso para circulación de maquinaria pesada.	Contratista	365	Documentos habilitantes	\$ 30.00
PLAN DE MANEJO DE DESECHOS				
Delimitar áreas adecuadas con plástico o yute para el almacenamiento temporal de escombros dentro de la obra.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 480.00
Al fin de cada jornada laboral se realizará limpieza y recolección de residuos dispersos en la obra.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 50.00
Implementar 3 tachos con tapa, de una capacidad de 30gl c/u, rotulados y pintados de acuerdo con la clasificación de los residuos.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 60,00
Los residuos sólidos se entregarán al servicio de recolección municipal, los reciclables a recicladoras de la zona.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 23.00

El área de almacenamiento se ubicará a una distancia mínima de 30 metros de cualquier cuerpo de agua o de áreas inundables.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 1.00
Toda sustancia categorizada como inflamable o peligrosa estará en áreas señalizadas, cubiertas, protegidas, sobre cubetos de contención.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 1,00
La disposición final de escombros será únicamente en escombreras autorizadas por el Municipio de la jurisdicción.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 1,00
PLAN DE CAPACITACION Y EDUCACION AMBIENTAL				
Capacitar sobre los procedimientos y medidas contempladas en el plan de manejo ambiental.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$40
Implementar rótulos ambientales que determinen correctas prácticas de manejo ambiental.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 200,00
Realizar charlas de capacitación al personal que se encuentra en obra	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 500,00
Realizar un simulacro de emergencia frente a contingencias o situaciones de riesgo.	Contratista	365	Registro fotográfico, informes de participación	\$ 100.00
PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS				
Informar a la población sobre el proyecto a través de medios visuales: entrega de 500 dípticos en lugares con mayor afluencia de personas.	Contratista	365	Registro fotográfico, informes	\$ 234,00
Realizar charla de socialización con la comunidad involucrada, acerca de las actividades a desarrollarse durante la ejecución de este.	Contratista	365	Registro fotográfico, informes	\$ 300,00

PLAN DE CONTINGENCIAS				
Adquirir un botiquín de primeros auxilios equipado mínimo con: apósitos, vendas, alcohol, toallas, gasas, esparadrapo, agua.	Contratista	365	Registro fotográfico, documentos habilitantes	\$ 50,00
Implementar procedimientos a seguir en caso de emergencias, siniestros o desastres.	Contratista		Registro fotográfico	\$ 1,00
Implementar afiches de rutas de evacuación del proyecto durante eventos como sismos.	Contratista		Registro fotográfico	\$ 50,00
Disponer afiches o carteles informativos donde se describan los procedimientos a seguir frente a una situación de emergencia, desastre o siniestros	Contratista		Registro fotográfico	\$ 50,00
PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL				
Dotación de EPP a todo el personal que labora en obra.	Contratista	365	Incluido en el proyecto de obra civil	0
Se implementará cinta de señalización con leyenda “PELIGRO” en zonas donde se limite el acceso o que impliquen algún tipo de peligro o riesgo.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 500,00
Implementar conos de seguridad reflectivos de 0,90m para demarcación de áreas de tráfico o zonas de operación de maquinaria pesada	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 1,00
Se colocaran Rótulos ambientales en los sitios estratégicos de la obra.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 100.00
Se incorporará señalización A4 de pared donde se describa el tipo de riesgo por ejemplo peligro de caída	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 1,00

Utilizar señalética tipo pedestal (1.20 x 0,60 m) y tipo caballete	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 3000,00
Colocar, utilizar e identificar la señalética propuesta para cada frente de trabajo, donde se refleje claramente: áreas de obra y tipo de EPP.	Contratista	365	Registro fotográfico	\$ 1,00
PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO				
El especialista en seguridad realizará inspecciones a fin de dar cumplimiento de las medidas del PMA mediante hojas de chek list	Contratista	365	Registro fotográfico informes de seguimiento	\$ 1,00
El fiscalizador y el Especialista ambiental mensualmente verificarán condiciones higiénicas y funcionalidad de las baterías sanitarias instaladas.	Contratista	365	Registro fotográfico informes de seguimiento	\$ 1,00
Seguimiento a la aplicación y cumplimiento del plan de manejo Ambiental (Presentación de Informes Ambientales de Cumplimiento).	Contratista	365	Registro fotográfico informes de seguimiento	\$ 500,00
PLAN DE REHABILITACIÓN				
En caso de derrames de combustible o inflamables remover el contaminante e incluir un nuevo suelo de similares características.	Contratista	365	Registro fotográfico informes de seguimiento	\$ 1,00
Todos los residuos sólidos comunes, escombros etc., serán retirados del área de construcción dejando completamente libre de cualquier material.	Contratista	365	Registro fotográfico informes de seguimiento	\$ 1,00
Retiro de todo el Equipamiento instalado temporalmente como: andamios, bodegas.	Contratista	365	Registro fotográfico informes de seguimiento	\$ 1,00
PLAN DE CIERRE Y ABANDONO				

Disposición de escombros en sitios previamente asignados por la Autoridad Competente.	Contratista	31	Registro fotográfico informes de seguimiento	\$ 500,00
Dejar el área totalmente limpia, libre de escombros y materiales excedentes. Requisito para firmar el acta de entrega definitiva por el Contratista.	Contratista	31	Registro fotográfico informes de seguimiento	\$ 1,00
FASE DE OPERACIÓN				
Mantenimiento del sistema de colectores de la parroquia.	Administración EPMAPS	7670	Registro fotográfico informes de seguimiento	\$ 15563.69/ ANUAL

Fuente: Autores

Capítulo V

5.1 Presupuestos y cronogramas

PRESUPUESTO REFERENCIAL COLECTOR COMBINADO EN EL MARGEN IZQUIERDO DE LA QUEBRADA CALIHUAYCU.					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	C O S T O S	
No.				P. UNIT.	TOTAL
1. OBRAS PRELIMINARES					
01.001.4.02	REPLANTEO Y NIVELACION DE EJES (m)	m	4500	\$ 1.65	\$ 7.425.00
01.004.4.01	RASANTEO DE ZANJA A MANO	m2	8190	\$ 1.47	\$ 12.038.94
01.003.4.24	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	m3	24043.77	\$ 2.21	\$ 53.136.73
01.003.4.25	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=2.76-3.99m (EN TIERRA)	m3	8136.354	\$ 2.64	\$ 21.479.97
01.003.4.26	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=4.00-6.00m (EN TIERRA)	m3	8029.352	\$ 3.82	\$ 30.672.12
01.003.4.31	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=4.00-6.00m (CONGLOMERADO)	m3	2892.753	\$ 7.11	\$ 20.567.48
01.008.4.01	ENTIBADO DISCONTINUO (APUNTALAMIENTO) ZANJA - MADERA	m2	9171.107	\$ 9.61	\$ 88.134.34
01.002.4.01	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	6750	\$ 1.53	\$ 10.327.50
01.005.4.01	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	m3	37460.22	\$ 3.46	\$ 129.612.35
01.007.4.02	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga,transporte,volteo)	m3	5589.212	\$ 1.21	\$ 6.762.95
01.007.4.63	SOBREACARREO (transporte/medios mecánicos) (SE PAGARA EN m3/km)	u	27946.06	\$ 0.37	\$ 10.340.04

2. TUBERÍA					
99.011.458 2	TUBERIA PLASTICA ALCANTARILLADO D.N.I. 400MM (MAT.TRAN.INST)	m	113.15	\$ 54.93	\$ 6.215.33
99.011.458 6	TUBERIA PLASTICA ALCANTARILLADO D.N.I. 600MM (MAT.TRAN.INST)	m	294.88	\$ 129.42	\$ 38.163.37
02.002.4.13	TUBERIA ACERO RECUBIERTA 24" (MAT/TRANS/INST)	m	28.78	\$ 365.70	\$ 10.524.85
99.004.7.66	TUBERIA DE ACERO (INCLUYE MATERIAL, TRANSPORTE , INSTALACIÓN) A572-GR60 D=1067 MM E=6MM	m	123.14	\$ 708.79	\$ 87.280.40
3. COLECTOR					
99.004.4.13	HORMIGON PARA REPLANTILLO, F"C=180 KG/CM2	m3	179.09	\$ 127.56	\$ 22.844.72
01.011.411 8	HORMIGON PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm2 INCLUYE BOMBA Y TRANSPORTE - EN SITIO	m3	3408.23	\$ 138.00	\$ 470.335.74
05.017.4.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2 INTERIOR COLECTOR (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	212564.7	\$ 1.98	\$ 420.878.06
01.010.4.13	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO RECTO	m2	20223.24	\$ 6.08	\$ 122.957.30
01.012.4.03	JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM	m	796.26	\$ 11.38	\$ 9.061.45
3. POZOS DE REVISIÓN					
03.007.4.16	POZO REVISION H.S. H=1.76-2.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	17	\$ 641.09	\$ 10.898.53
03.007.4.17	POZO REVISION H.S. H=2.26-2.75M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	8	\$ 705.78	\$ 5.646.24
99.011.434 3	POZO REVISION H.S. H=2.76-3.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS) (Copia)	u	5	\$ 730.42	\$ 3.652.10
03.007.4.18	POZO REVISION H.S. H=3.26-3.75M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	7	\$ 862.86	\$ 6.040.02
03.007.4.2	POZO REVISION H.S. H=4.26-4.75M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)		6	\$ 1.022.55	\$ 6.135.30
03.007.4.19	POZO REVISION H.S. H=3.76-4.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	5	\$ 943.44	\$ 4.717.20

03.007.4.21	POZO REVISION H.S. H=4.76-5.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	11	\$ 1.103.12	\$ 12.134.32
03.007.4.22	POZO REVISION H.S. H=5.26-5.75M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	11	\$ 1.178.17	\$ 12.959.87
03.007.4.25	POZO REVISION H.S. H=5.76-6.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)		9	\$ 1.251.80	\$ 11.266.20
03.007.4.26	POZO REVISION H.S. H=6.26-6.75M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)		6	\$ 1.326.85	\$ 7.961.10
03.007.4.23	POZO REVISION H.S. H=6.76-7.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)		6	\$ 1.407.42	\$ 8.444.52
03.007.4.53	POZO REVISION H.S. H=7.26-7.75M (TAPA CERCO H.DUCTIL (GRUPO C - 40 Ton) Y PELDAÑOS)		2	\$ 1.644.21	\$ 3.288.42
03.007.4.28	POZO REVISION H.S. H=7.76-8.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)		1	\$ 1.556.06	\$ 1.556.06
03.007.4.82	POZO REVISION H.A. H=8.26-10.75M (TAPA Y CERCO H.DUCTIL ABISAGRADO (GRUPO C - 40 Ton) Y PELDAÑOS)		2	\$ 2.320.10	\$ 4.640.20
5. POZOS DE SALTO (1M)					
01.011.4.03	HORMIGON SIMPLE $f_c=180 \text{ kg/cm}^2$ - EN SITIO	m3	2	\$ 143.09	\$ 286.18
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE $f_c=240 \text{ kg/cm}^2$ - EN SITIO	m3	43	\$ 166.32	\$ 7.151.76
01.009.4.01	ACERO REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	2846	\$ 1.67	\$ 4.752.82
01.010.4.13	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO RECTO	m2	237	\$ 6.08	\$ 1.440.96
01.025.4.01	ESTRIBO DE VARILLA 16MM GALVANIZADO EN CALIENTE (POZOS ALC.) (PROVISION Y MONTAJE)	u	33	\$ 4.69	\$ 154.77
03.010.4.02	TAPA Y CERCO HF850 POZO REVISION (PROVISION Y MONTAJE)	u	3	\$ 315.68	\$ 947.04
01.012.4.03	JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM	m	33	\$ 11.38	\$ 375.54
6. POZOS DE SALTO H (1.5)m					
01.011.4.03	HORMIGON SIMPLE $f_c=180 \text{ kg/cm}^2$ - EN SITIO	m3	2	\$ 143.09	\$ 286.18
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE $f_c=240 \text{ kg/cm}^2$ - EN SITIO	m3	49	\$ 166.32	\$ 8.149.68

01.009.4.01	ACERO REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ² (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	3170	\$ 1.67	\$ 5.293.90
01.010.4.13	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO RECTO	m ²	266	\$ 6.08	\$ 1.617.28
01.025.4.01	ESTRIBO DE VARILLA 16MM GALVANIZADO EN CALIENTE (POZOS ALC.) (PROVISION Y MONTAJE)	u	36	\$ 4.69	\$ 168.84
03.010.4.02	TAPA Y CERCO HF850 POZO REVISION (PROVISION Y MONTAJE)	u	3	\$ 315.68	\$ 947.04
01.012.4.03	JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM	m	33	\$ 11.38	\$ 375.54
6. POZOS DE SALTO H (1.9)m					
01.011.4.03	HORMIGON SIMPLE $f_c=180$ kg/cm ² - EN SITIO	m ³	1	\$ 143.09	\$ 143.09
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE $f_c=240$ kg/cm ² - EN SITIO	m ³	18	\$ 166.32	\$ 2.993.76
01.009.4.01	ACERO REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ² (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	1119	\$ 1.67	\$ 1.868.73
01.010.4.13	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO RECTO	m ²	96	\$ 6.08	\$ 583.68
01.025.4.01	ESTRIBO DE VARILLA 16MM GALVANIZADO EN CALIENTE (POZOS ALC.) (PROVISION Y MONTAJE)	u	13	\$ 4.69	\$ 60.97
03.010.4.02	TAPA Y CERCO HF850 POZO REVISION (PROVISION Y MONTAJE)	u	1	\$ 315.68	\$ 315.68
01.012.4.03	JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM	m	11	\$ 11.38	\$ 125.18
6. POZOS DE SALTO H (3)m					
01.011.4.03	HORMIGON SIMPLE $f_c=180$ kg/cm ² - EN SITIO		4	\$ 143.09	\$ 572.36
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE $f_c=240$ kg/cm ² - EN SITIO		131	\$ 166.32	\$ 21.787.92
01.009.4.01	ACERO REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ² (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)		7999	\$ 1.67	\$ 13.358.33
01.010.4.13	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO RECTO		705	\$ 6.08	\$ 4.286.40
01.025.4.01	ESTRIBO DE VARILLA 16MM GALVANIZADO EN CALIENTE (POZOS ALC.) (PROVISION Y MONTAJE)		102	\$ 4.69	\$ 478.38
03.010.4.02	TAPA Y CERCO HF850 POZO REVISION (PROVISION Y MONTAJE)		6	\$ 315.68	\$ 1.894.08
01.012.4.03	JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM		66	\$ 11.38	\$ 751.08

7. DERIVADOR DE CAUDALES 1 PZ61- PZ62					
99.011.438 9	REPLANTEO Y NIVELACION PARA ESTRUCTURAS	m2	26.65	\$ 2.14	\$ 57.03
01.011.4.03	HORMIGON SIMPLE $f_c=180$ kg/cm ² - EN SITIO	m3	2.665	\$ 143.09	\$ 381.33
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE $f_c=240$ kg/cm ² - EN SITIO	m3	38.85007	\$ 166.32	\$ 6.461.54
01.009.4.01	ACERO REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ² (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	3105.72	\$ 1.67	\$ 5.186.55
01.010.4.13	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO RECTO	m2	133	\$ 6.08	\$ 808.64
01.025.4.01	ESTRIBO DE VARILLA 16MM GALVANIZADO EN CALIENTE (POZOS ALC.) (PROVISION Y MONTAJE)	u	44	\$ 4.69	\$ 206.36
03.010.4.02	TAPA Y CERCO HF850 POZO REVISION (PROVISION Y MONTAJE)	u	2	\$ 315.68	\$ 631.36
01.012.4.03	JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM	m	14	\$ 11.38	\$ 159.32
01.003.4.24	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	m3	113.75	\$ 2.21	\$ 251.39
01.005.4.01	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	m3	74.89993	\$ 3.46	\$ 259.15
8. DERIVADOR DE CAUDALES 1 PZ112- DESCARGA					
99.011.438 9	REPLANTEO Y NIVELACION PARA ESTRUCTURAS	m2	28.4	\$ 2.14	\$ 60.78
01.011.4.03	HORMIGON SIMPLE $f_c=180$ kg/cm ² - EN SITIO	m3	2.84	\$ 143.09	\$ 7.081.53
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE $f_c=240$ kg/cm ² - EN SITIO	m3	49.49007	\$ 166.32	\$ 8.231.19
01.009.4.01	ACERO REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ² (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	3025.14	\$ 1.67	\$ 5.051.98
01.010.4.13	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO RECTO	m2	128.0	\$ 6.08	\$ 778.24
01.025.4.01	ESTRIBO DE VARILLA 16MM GALVANIZADO EN CALIENTE (POZOS ALC.) (PROVISION Y MONTAJE)	u	54	\$ 4.69	\$ 253.26
03.010.4.02	TAPA Y CERCO HF850 POZO REVISION (PROVISION Y MONTAJE)	u	2	\$ 315.68	\$ 631.36
01.012.4.03	JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM	m	14	\$ 11.38	\$ 159.32

01.003.4.24	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	m3	140.725	\$ 2.21	\$ 311.00
01.005.4.01	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	m3	91.23493	\$ 3.46	\$ 315.67
9. DESCARGA DEL SEPARADOR					
01.001.4.02	REPLANTEO Y NIVELACION DE EJES (m)	m	67	\$ 1.65	\$ 110.55
01.003.4.24	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	m3	54.74	\$ 2.21	\$ 120.98
01.003.4.26	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=4.00-6.00m (EN TIERRA)	m3	232.9	\$ 3.82	\$ 889.68
01.008.4.01	ENTIBADO DISCONTINUO (APUNTALAMIENTO) ZANJA - MADERA	m2	66.75	\$ 9.61	\$ 641.47
01.002.4.01	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	75	\$ 1.53	\$ 114.75
01.005.4.01	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	m3	107.93	\$ 3.46	\$ 373.44
01.007.4.02	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga,transporte,volteo)	m3	179.71	\$ 1.21	\$ 217.45
01.007.4.63	SOBREACARREO (transporte/medios mecánicos) (SE PAGARA EN m3/km)	u	898.55	\$ 0.37	\$ 332.46
01.011.4.03	HORMIGON SIMPLE f _c =180 kg/cm ² - EN SITIO	m3	3.34	\$ 143.09	\$ 477.92
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE f _c =240 kg/cm ² - EN SITIO	m3	38.14	\$ 166.32	\$ 6.343.44
01.009.4.01	ACERO REFUERZO f _y =4200 kg/cm ² (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	2889.5	\$ 1.67	\$ 4.825.47
01.010.4.13	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO RECTO	m2	220.84	\$ 6.08	\$ 1.342.71
01.012.4.03	JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM	m	9.2	\$ 11.38	\$ 104.70
01.017.4.02	GAVION TRIPLE TORSION .GALVANIZADO (INC. PIEDRA)	m3	4	\$ 63.86	\$ 255.44
DESCARGA 2DO SEPARADOR					
01.001.4.02	REPLANTEO Y NIVELACION DE EJES (m)	m	322	\$ 1.65	\$ 531.76
01.003.4.24	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	m3	269.98	\$ 2.21	\$ 596.66

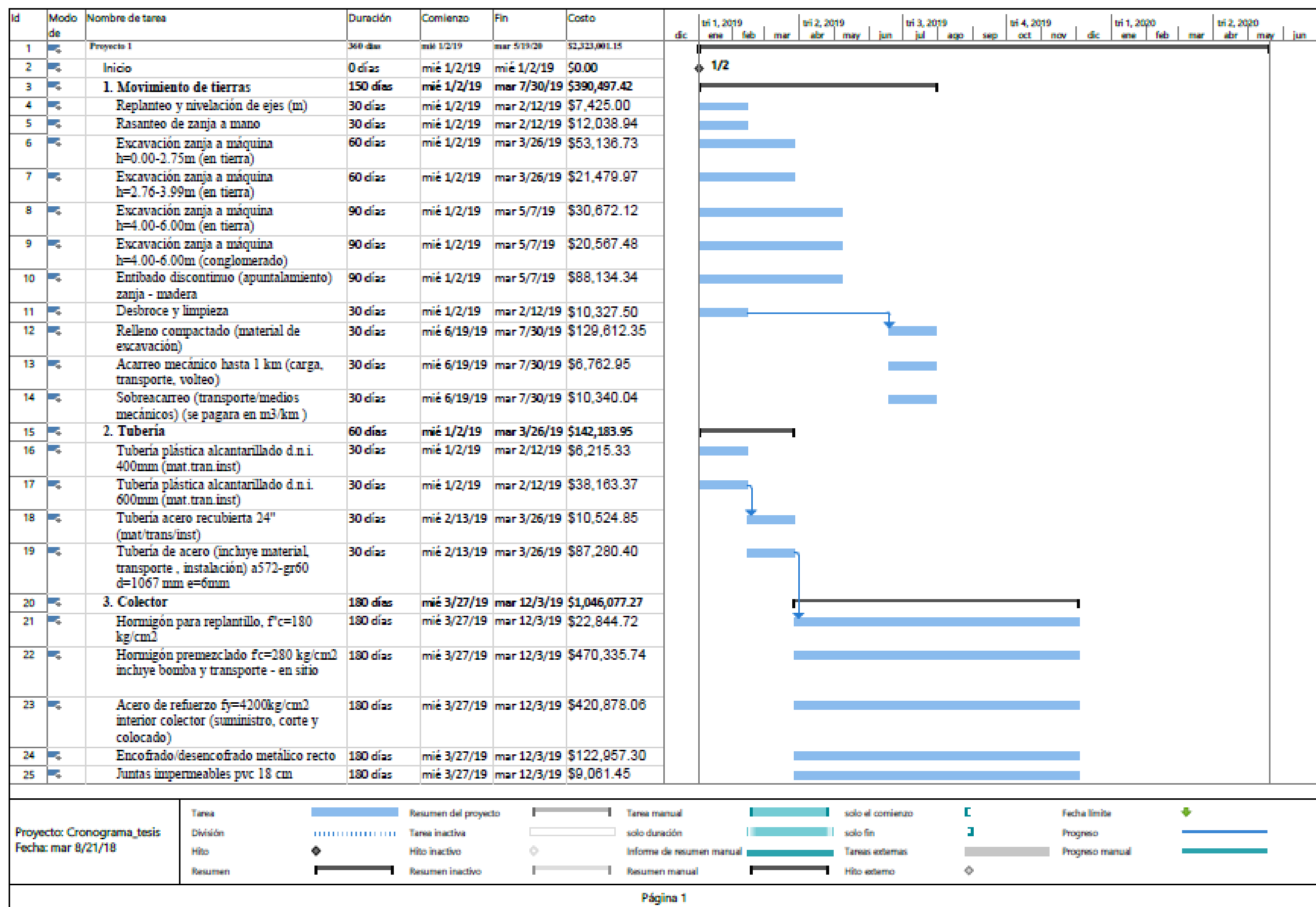
01.003.4.26	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=4.00-6.00m (EN TIERRA)	m3	754.08	\$ 3.82	\$ 2.880.59
01.008.4.01	ENTIBADO DISCONTINUO (APUNTALAMIENTO) ZANJA - MADERA	m2	322	\$ 9.61	\$ 3.094.42
01.002.4.01	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	335	\$ 1.53	\$ 512.55
01.005.4.01	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	m3	537.08	\$ 3.46	\$ 1.858.30
01.007.4.02	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga,transporte,volteo)	m3	486.98	\$ 1.21	\$ 589.25
01.007.4.63	SOBREACARREO (transporte/medios mecánicos) (SE PAGARA EN m3/km)	u	2434.9	\$ 0.37	\$ 900.91
01.011.4.03	HORMIGON SIMPLE f _c =180 kg/cm ² - EN SITIO	m3	3.34	\$ 143.09	\$ 477.92
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE f _c =240 kg/cm ² - EN SITIO	m3	262.18	\$ 166.32	\$ 43.605.78
01.009.4.01	ACERO REFUERZO f _y =4200 kg/cm ² (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	6850	\$ 1.67	\$ 11.439.50
01.010.4.13	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO RECTO	m2	2245.3	\$ 6.08	\$ 13.651.42
01.012.4.03	JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM	m	170	\$ 11.38	\$ 1.934.60
01.017.4.02	GAVION TRIPLE TORSION .GALVANIZADO (INC. PIEDRA)	m3	4	\$ 63.86	\$ 255.44
10. PASO ELEVADO 1 PZ6 A PZ7 D=600mm L=28.78 m					
99.011.438 9	REPLANTEO Y NIVELACION PARA ESTRUCTURAS	m2	63.316	\$ 2.14	\$ 135.50
01.003.4.41	EXCAVACION A MANO CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	35.28	\$ 10.76	\$ 379.61
01.009.4.01	ACERO REFUERZO f _y =4200 kg/cm ² (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	1145.6	\$ 1.67	\$ 1.913.15
01.010.4.07	ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	m2	4.8	\$ 14.71	\$ 70.61
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE f _c =240 kg/cm ² - EN SITIO	m3	11	\$ 166.32	\$ 1.829.52
01.011.4.37	HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f _c =140KG/CM ²	m3	1.96	\$ 135.70	\$ 265.97

01.037.4.27	PASO DE QUEBRADA CON TUBERIA DE ACERO INCL. SUELDA, EQUIPO Y ACCESORIOS (MATERIAL/TRASPORTE/INSTALACION)	Kg	4639.048	\$ 6.50	\$ 30.153.81
01.012.4.21	PLACA DE NEOPRENO (0.40X1.00X0.01) m (PROVISION Y MONTAJE)	u	1	\$ 22.42	\$ 22.42
02.021.4.24	PASAMUROS ACERO 20" (MAT/TRANS/INST)	u	1	\$ 329.29	\$ 329.29
11. PASO ELEVADO 2 PZ31 A PZ32 D=1000mm L=26.30 m					
99.011.438 9	REPLANTEO Y NIVELACION PARA ESTRUCTURAS	m2	57.86	\$ 2.14	\$ 123.82
01.003.4.41	EXCAVACION A MANO CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	41.44	\$ 10.76	\$ 445.89
01.009.4.01	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	1557	\$ 1.67	\$ 2.600.19
01.010.4.07	ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	m2	4.8	\$ 14.71	\$ 70.61
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE fc=240 kg/cm2 - EN SITIO	m3	13.52	\$ 166.32	\$ 2.248.65
01.011.4.37	HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO fc=140KG/CM2	m3	2.24	\$ 135.70	\$ 303.97
01.037.4.27	PASO DE QUEBRADA CON TUBERIA DE ACERO INCL. SUELDA, EQUIPO Y ACCESORIOS (MATERIAL/TRASPORTE/INSTALACION)	Kg	6217.583	\$ 6.50	\$ 40.414.29
01.012.4.21	PLACA DE NEOPRENO (0.40X1.00X0.01) m (PROVISION Y MONTAJE)	u	1	\$ 22.42	\$ 22.42
02.021.4.12	PASAMUROS ACERO 24" (MAT/TRANS/INST)	u	1	\$ 379.27	\$ 379.27
12. PASO ELEVADO 3 PZ44 A PZ45 D=1000mm L=43.96 m					
99.011.438 9	REPLANTEO Y NIVELACION PARA ESTRUCTURAS	m2	96.712	\$ 2.14	\$ 206.96
01.003.4.41	EXCAVACION A MANO CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	57.6	\$ 10.76	\$ 619.78
01.009.4.01	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	1946.5	\$ 1.67	\$ 3.250.66
01.010.4.07	ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	m2	4.8	\$ 14.71	\$ 70.61
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE fc=240 kg/cm2 - EN SITIO	m3	21.36	\$ 166.32	\$ 3.552.60

01.011.4.37	HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO $f_c=140\text{KG}/\text{CM}^2$	m3	2.88	\$ 135.70	\$ 390.82
01.037.4.27	PASO DE QUEBRADA CON TUBERIA DE ACERO INCL. SUELDA, EQUIPO Y ACCESORIOS (MATERIAL/TRASPORTE/INSTALACION)	Kg	17211.66	\$ 6.50	\$ 111.875.78
01.012.4.21	PLACA DE NEOPRENO (0.40X1.00X0.01) m (PROVISION Y MONTAJE)	u	1	\$ 22.42	\$ 22.42
02.021.4.27	PASAMUROS ACERO 40" (MAT/TRANS/INST)	u	1	\$ 686.51	\$ 686.51
13. PASO ELEVADO 4 PZ51 A PZ52 D=1000mm L=52.88 m					
99.011.4389	REPLANTEO Y NIVELACION PARA ESTRUCTURAS	m2	116.336	\$ 2.14	\$ 248.96
01.003.4.41	EXCAVACION A MANO CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	76.6	\$ 10.76	\$ 824.22
01.009.4.01	ACERO REFUERZO $f_y=4200\text{ kg}/\text{cm}^2$ (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	2841.75	\$ 1.67	\$ 4.745.72
01.010.4.07	ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	m2	4.8	\$ 14.71	\$ 70.61
01.011.4.05	HORMIGON SIMPLE $f_c=240\text{ kg}/\text{cm}^2$ - EN SITIO	m3	31	\$ 166.32	\$ 5.155.92
01.011.4.37	HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO $f_c=140\text{KG}/\text{CM}^2$	m3	3.6	\$ 135.70	\$ 488.52
01.037.4.27	PASO DE QUEBRADA CON TUBERIA DE ACERO INCL. SUELDA, EQUIPO Y ACCESORIOS (MATERIAL/TRASPORTE/INSTALACION)	Kg	20704.11	\$ 6.50	\$ 134.576.69
01.012.4.21	PLACA DE NEOPRENO (0.40X1.00X0.01) m (PROVISION Y MONTAJE)	u	1	\$ 22.42	\$ 22.42
02.021.4.27	PASAMUROS ACERO 40" (MAT/TRANS/INST)	u	1	\$ 686.51	\$ 686.51
TÚNEL					
01.001.4.03	REPLANTEO Y NIVELACION TUNEL	m	89.66	\$ 2.43	\$ 217.87
01.006.4.02	EXCAVACION TUNEL A MANO EN CONGLOMERADO (INC. DESALOJO HORIZONTAL Y/O VERTICAL)	m3	260.9106	\$ 57.64	\$ 15.038.89
01.008.4.09	ENTIBADO PERMANENTE TUNEL ESTRUCTURA TIPO CELOSIA EN VARILLAS DE ACERO(NO RETORNABLE)	Kg	10951.28	\$ 2.21	\$ 1.002.63

01.008.4.10	TABLON PARA ENTIBADO PERMANENTE EN TUNEL (INCLUYE ACARREO E INSTALACION)	m2	453.6796	\$ 11.00	\$ 4.990.48
01.024.4.11	SEÑALIZACION EN ACRILICO 3MM INTERIOR POZO/COLECTOR/TÚNEL (PROVISION Y MONTAJE)	m2	8	\$ 98.26	\$ 786.08
01.007.4.25	TRANSPORTE MATERIAL INTERIOR DE TUNEL (m3/m)	u	260.9106	\$ 4.57	\$ 1.192.36
01.009.4.14	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 TUNEL (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO) INCL. ACARREO	Kg	11572.38	\$ 2.01	\$ 23.260.48
01.010.4.09	ENCOFRADO/DESENCOFRADO BOVEDAS ARCOS	m2	310	\$ 16.18	\$ 5.015.80
01.011.4.40	HORMIGON SIMPLE HASTIALES, CUPULAS (TUNEL) fc=250 kg/cm2	m3	129.11	\$ 195.94	\$ 25.297.81
05.019.4.18	LIMPIEZA DE SOLERA INTERIOR DE COLECTOR O TUNEL - PREPARACION DE SUPERFICIE PARA REPARACION INC. DESALOJO ESCOMBROS	m2	310	\$ 6.36	\$ 1.971.60
				TOTAL	\$ 2.323.001.13
SON 2 MILLONES TRECIENTOS VENTITRES MIL UN DOLARES AMERICANOS Y TRECE CENTAVOS					

Fuente: Autores


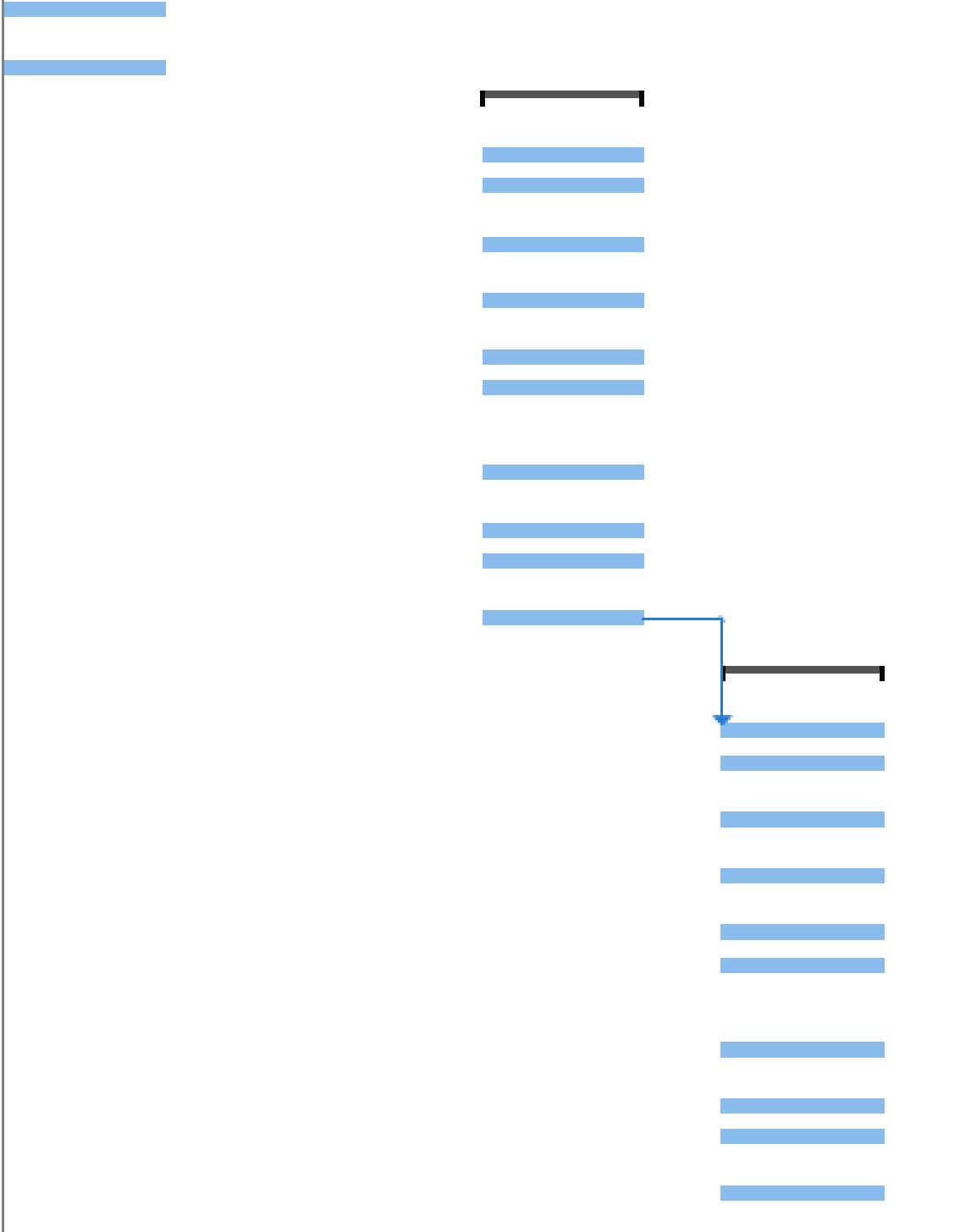

























Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo	dic	tri 1, 2019				tri 2, 2019				tri 3, 2019				tri 4, 2019				tri 1, 2020				tri 2, 2020																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
								ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
26		4. Pozos de revisión	180 días	mié 1/2/19	mar 9/10/19	\$99,340.08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	</




















Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo	tri 1, 2019				tri 2, 2019			tri 3, 2019			tri 4, 2019			tri 1, 2020			tri 2, 2020		
							dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
48		Juntas impermeables pvc 18 cm	60 días	mié 3/27/19	mar 6/18/19	\$375.54																			
49		7. Pozos de salto h (1.5)m	60 días	mié 6/19/19	mar 9/10/19	\$16,838.46																			
50		Hormigón simple fc=180 kg/cm2 - en sitio	60 días	mié 6/19/19	mar 9/10/19	\$286.18																			
51		Hormigón simple fc=240 kg/cm2 - en sitio	60 días	mié 6/19/19	mar 9/10/19	\$8,149.68																			
52		Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)	60 días	mié 6/19/19	mar 9/10/19	\$5,293.90																			
53		Encofrado/desencofrado metálico recto	60 días	mié 6/19/19	mar 9/10/19	\$1,617.28																			
54		Estribo de varilla 16mm galvanizado en caliente (pozos alc.) (provision y montaje)	60 días	mié 6/19/19	mar 9/10/19	\$168.84																			
55		Tapa y cerco hf850 pozo revisión (provisión y montaje)	60 días	mié 6/19/19	mar 9/10/19	\$947.04																			
56		Juntas impermeables pvc 18 cm	60 días	mié 6/19/19	mar 9/10/19	\$375.54																			
57		8. Pozos de salto h (1.9)m	30 días	mié 9/11/19	mar 10/22/19	\$6,091.09																			
58		Hormigón simple fc=180 kg/cm2 - en sitio	30 días	mié 9/11/19	mar 10/22/19	\$143.09																			
59		Hormigón simple fc=240 kg/cm2 - en sitio	30 días	mié 9/11/19	mar 10/22/19	\$2,993.76																			
60		Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)	30 días	mié 9/11/19	mar 10/22/19	\$1,868.73																			
61		Encofrado/desencofrado metálico recto	30 días	mié 9/11/19	mar 10/22/19	\$583.68																			
62		Estribo de varilla 16mm galvanizado en caliente (pozos alc.) (provision y montaje)	30 días	mié 9/11/19	mar 10/22/19	\$60.97																			
63		Tapa y cerco hf850 pozo revisión (provisión y montaje)	30 días	mié 9/11/19	mar 10/22/19	\$315.68																			
64		Juntas impermeables pvc 18 cm	30 días	mié 9/11/19	mar 10/22/19	\$125.18																			
65		9. Pozos de salto h (3)m	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$43,128.55																			
66		Hormigón simple fc=180 kg/cm2 - en sitio	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$572.36																			
67		Hormigón simple fc=240 kg/cm2 - en sitio	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$21,787.92																			
68		Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$13,358.33																			
69		Encofrado/desencofrado metálico recto	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$4,286.40																			
70		Estribo de varilla 16mm galvanizado en caliente (pozos alc.) (provision y montaje)	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$478.38																			

Proyecto: Cronograma_tesis Fecha: mar 8/21/18	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			
























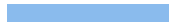











Página 3

Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo	dic	tri 1, 2019			tri 2, 2019			tri 3, 2019			tri 4, 2019			tri 1, 2020			tri 2, 2020		
								ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dici	ene	feb	mar	abr	may	jun
71		Tapa y cerco hf850 pozo revisión (provisión y montaje)	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$1,894.08																			
72		Juntas impermeables pvc 18 cm	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$751.08																			
73		10. Derivador de caudales 1 pz61- pz62	60 días	mié 9/11/19	mar 12/3/19	\$14,402.67																			
74		Replanteo y nivelación para estructuras	60 días	mié 9/11/19	mar 12/3/19	\$57.03																			
75		Hormigón simple fc=180 kg/cm2 - en sitio	60 días	mié 9/11/19	mar 12/3/19	\$381.33																			
76		Hormigón simple fc=240 kg/cm2 - en sitio	60 días	mié 9/11/19	mar 12/3/19	\$6,461.54																			
77		Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)	60 días	mié 9/11/19	mar 12/3/19	\$5,188.55																			
78		Encofrado/desencofrado metálico recto	60 días	mié 9/11/19	mar 12/3/19	\$808.64																			
79		Estribo de varilla 16mm galvanizado en caliente (pozos alc.) (provision y montaje)	60 días	mié 9/11/19	mar 12/3/19	\$206.36																			
80		Tapa y cerco hf850 pozo revisión (provisión y montaje)	60 días	mié 9/11/19	mar 12/3/19	\$631.36																			
81		Juntas impermeables pvc 18 cm	60 días	mié 9/11/19	mar 12/3/19	\$159.32																			
82		Excavación zanja a máquina h=0.00-2.75m (en tierra)	60 días	mié 9/11/19	mar 12/3/19	\$251.39																			
83		Relleno compactado (material de excavación)	60 días	mié 9/11/19	mar 12/3/19	\$259.15																			
84		11. Derivador de caudales 2 pz112- descarga	60 días	mié 1/15/20	mar 4/7/20	\$22,874.33																			
85		Replanteo y nivelación para estructuras	60 días	mié 1/15/20	mar 4/7/20	\$60.78																			
86		Hormigón simple fc=180 kg/cm2 - en sitio	60 días	mié 1/15/20	mar 4/7/20	\$7,081.53																			
87		Hormigón simple fc=240 kg/cm2 - en sitio	60 días	mié 1/15/20	mar 4/7/20	\$8,231.19																			
88		Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)	60 días	mié 1/15/20	mar 4/7/20	\$5,051.98																			
89		Encofrado/desencofrado metálico recto	60 días	mié 1/15/20	mar 4/7/20	\$778.24																			
90		Estribo de varilla 16mm galvanizado en caliente (pozos alc.) (provision y montaje)	60 días	mié 1/15/20	mar 4/7/20	\$253.26																			
91		Tapa y cerco hf850 pozo revisión (provisión y montaje)	60 días	mié 1/15/20	mar 4/7/20	\$631.36																			
92		Juntas impermeables pvc 18 cm	60 días	mié 1/15/20	mar 4/7/20	\$159.32																			
93		Excavación zanja a máquina h=0.00-2.75m (en tierra)	60 días	mié 1/15/20	mar 4/7/20	\$311.00																			
94		Relleno compactado (material de excavación)	60 días	mié 1/15/20	mar 4/7/20	\$315.67																			

Proyecto: Cronograma_tesis
Fecha: mar 8/21/18

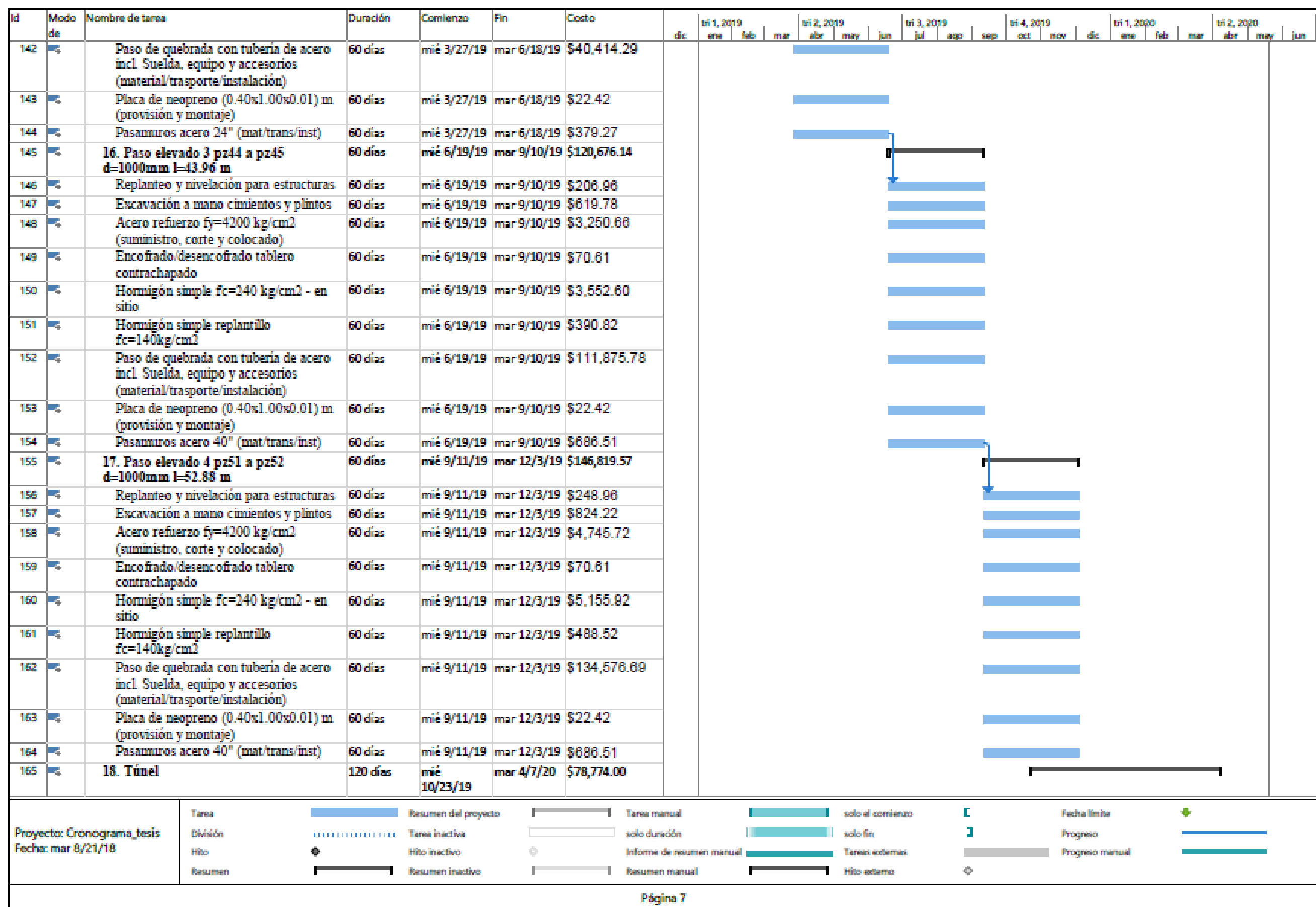
Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			

Página 4

Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo	2019												2020						
							dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
95		12. Descarga del primer separador	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$16,150.46																			
96		Replanteo y nivelación de ejes (m)	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$110.55																			
97		Excavación zanja a máquina h=0.00-2.75m (en tierra)	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$120.98																			
98		Excavación zanja a máquina h=4.00-6.00m (en tierra)	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$889.68																			
99		Entibado discontinuo (apuntalamiento) zanja - madera	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$641.47																			
100		Desbroce y limpieza	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$114.75																			
101		Relleno compactado (material de excavación)	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$373.44																			
102		Acarreo mecánico hasta 1 km (carga, transporte, volteo)	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$217.45																			
103		Sobreacarreos (transporte/medios mecánicos) (se pagara en m3/km)	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$332.46																			
104		Hormigón simple fc=180 kg/cm2 - en sitio	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$477.92																			
105		Hormigón simple fc=240 kg/cm2 - en sitio	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$6,343.44																			
106		Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$4,825.47																			
107		Encofrado/desencofrado metálico recto	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$1,342.71																			
108		Juntas impermeables pvc 18 cm	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$104.70																			
109		Gavión triple torsion galvanizado (inc. Piedra)	90 días	mié 10/23/19	mar 2/25/20	\$255.44																			
110		13. Descarga 2do separador	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$82,329.10																			
111		Replanteo y nivelación de ejes (m)	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$531.76																			
112		Excavación zanja a máquina h=0.00-2.75m (en tierra)	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$596.68																			
113		Excavación zanja a máquina h=4.00-6.00m (en tierra)	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$2,880.59																			
114		Entibado discontinuo (apuntalamiento) zanja - madera	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$3,094.42																			
115		Desbroce y limpieza	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$512.55																			
116		Relleno compactado (material de excavación)	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$1,858.30																			
117		Acarreo mecánico hasta 1 km (carga, transporte, volteo)	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$589.25																			
Proyecto: Cronograma_tesis Fecha: mar 8/21/18		<div><div>Tarea</div><div>División</div><div>Hito</div><div>Resumen</div></div> <div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> <div><div>Resumen del proyecto</div><div>Tarea inactiva</div><div>Hito inactivo</div><div>Resumen inactivo</div></div> <div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> <div><div>Tarea manual</div><div>solo duración</div><div>Informe de resumen manual</div><div>Resumen manual</div></div> <div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> <div><div>solo el comienzo</div><div>solo fin</div><div>Tareas externas</div><div>Hito externo</div></div> <div><div>Fecha límite</div><div>Progreso</div><div>Progreso manual</div></div>																							

Página 5

Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo	tri 1, 2019				tri 2, 2019				tri 3, 2019				tri 4, 2019				tri 1, 2020				tri 2, 2020				
							dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun						
118		Sobrecarreo (transporte/medios mecánicos) (se pagara en m3/km)	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$900.91																									
119		Hormigón simple fc=180 kg/cm2 - en sitio	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$477.92																									
120		Hormigón simple fc=240 kg/cm2 - en sitio	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$43,605.78																									
121		Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$11,439.50																									
122		Encofrado/desencofrado metálico recto	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$13,651.42																									
123		Juntas impermeables pvc 18 cm	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$1,934.60																									
124		Gavión triple torsion .galvanizado (inc. Piedra)	90 días	mié 1/15/20	mar 5/19/20	\$255.44																									
125		14. Paso elevado 1 pz6 a pz7 d=600mm l=28.78 m	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$35,099.88																									
126		Replanteo y nivelación para estructuras	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$135.50																									
127		Excavación a mano cimientos y plintos	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$379.61																									
128		Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$1,913.15																									
129		Encofrado/desencofrado tablero contrachapado	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$70.61																									
130		Hormigón simple fc=240 kg/cm2 - en sitio	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$1,829.52																									
131		Hormigón simple replantillo fc=140kg/cm2	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$265.97																									
132		Paso de quebrada con tubería de acero incl. Suelta, equipo y accesorios (material/trasporte/instalación)	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$30,153.81																									
133		Placa de neopreno (0.40x1.00x0.01) m (provisión y montaje)	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$22.42																									
134		Pasamuros acero 20" (mat/trans/inst)	60 días	mié 1/2/19	mar 3/26/19	\$329.29																									
135		15. Paso elevado 2 pz31 a pz32 d=1000mm l=26.30 m	60 días	mié 3/27/19	mar 6/18/19	\$46,609.11																									
136		Replanteo y nivelación para estructuras	60 días	mié 3/27/19	mar 6/18/19	\$123.82																									
137		Excavación a mano cimientos y plintos	60 días	mié 3/27/19	mar 6/18/19	\$445.89																									
138		Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)	60 días	mié 3/27/19	mar 6/18/19	\$2,600.19																									
139		Encofrado/desencofrado tablero contrachapado	60 días	mié 3/27/19	mar 6/18/19	\$70.61																									
140		Hormigón simple fc=240 kg/cm2 - en sitio	60 días	mié 3/27/19	mar 6/18/19	\$2,248.65																									
141		Hormigón simple replantillo fc=140kg/cm2	60 días	mié 3/27/19	mar 6/18/19	\$303.97																									
Proyecto: Cronograma_tesis Fecha: mar 8/21/18		Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite																					
		División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso																					
		Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual																					
		Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo																							
Página 6																															



id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo	dic	tri 1, 2019	ene	feb	mar	tri 2, 2019	abr	may	jun	tri 3, 2019	jul	ago	sep	tri 4, 2019	oct	nov	dic	tri 1, 2020	ene	feb	mar	tri 2, 2020	abr	may	jun
166		Replanteo y nivelación túnel	120 días	mié 10/23/19	mar 4/7/20	\$217.87																									
167		Excavación túnel a mano en conglomerado (inc. Desalojo horizontal y/o vertical)	120 días	mié 10/23/19	mar 4/7/20	\$15,038.89																									
168		Entibado permanente túnel estructura tipo celosía en varillas de acero(no retornable)	120 días	mié 10/23/19	mar 4/7/20	\$1,002.63																									
169		Tablón para entibado permanente en túnel (incluye acarreo e instalación)	120 días	mié 10/23/19	mar 4/7/20	\$4,990.48																									
170		Señalización en acrílico 3mm interior pozo/colector/túnel(provisión y montaje)	120 días	mié 10/23/19	mar 4/7/20	\$786.08																									
171		Transporte material interior de túnel (m3/m)	120 días	mié 10/23/19	mar 4/7/20	\$1,192.36																									
172		Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 túnel (suministro, corte y colocado) incl. Acarreo	120 días	mié 10/23/19	mar 4/7/20	\$23,260.48																									
173		Encofrado/dsencofrado bóvedas arcos	120 días	mié 10/23/19	mar 4/7/20	\$5,015.80																									
174		Hormigón simple hastiales, cúpulas (túnel) fc=250 kg/cm2	120 días	mié 10/23/19	mar 4/7/20	\$25,297.81																									
175		Limpieza de solera interior de colector o túnel - preparación de superficie para reparación inc. Desalojo escombros	120 días	mié 10/23/19	mar 4/7/20	\$1,971.60																									
176		Fin	0 días	mié 1/2/19	mié 1/2/19	\$0.00																									
<div> <div>Proyector: Cronograma_tesis</div> <div>Fecha: mar 8/21/18</div> </div> <div> <div>Tarea</div> <div>División</div> <div>Hito</div> <div>Resumen</div> </div> <div> <div>Resumen del proyecto</div> <div>Tarea inactiva</div> <div>Hito inactivo</div> <div>Resumen inactivo</div> </div> <div> <div>Tarea manual</div> <div>solo duración</div> <div>Informe de resumen manual</div> <div>Resumen manual</div> </div> <div> <div>solo el comienzo</div> <div>solo fin</div> <div>Tareas externas</div> <div>Hito externo</div> </div> <div> <div>Fecha límite</div> <div>Progreso</div> <div>Progreso manual</div> </div> <div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> </div>																															
Página 8																															

Fuente: Autores

Cronograma valorado del diseño del colector combinado en el margen izquierdo de la quebrada Calihuaycu para la parroquia Pintag Cantón Quito, Provincia de Pichincha-Ecuador

Etiquetas de fila	2019												TOTAL 2019	2020					TOTAL L 2020	TOTAL GENERAL
	Enero	Febrer o	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost o	Septiemb re	Octub re	Noviemb re	Diciemb re		Ener o	Febrer o	Marz o	Abril	May o		
Cronograma tesis																				
	146.753	148.114	170.655	209.235	183.000	197.701	303.895	187.769	181.567	204.567	196.024	35.387	2.164.668	36.074	42.100	42.954	25.313	11.892	158.333	\$ 2.323.001.08
Proyecto 1																				
Inicio																				
1. Movimiento de tierras	83.276	63.789	54.906	34.069	7.743	39.124	107.591						390.497							\$ 390.497.44
Replanteo y nivelación de ejes (m)	5.445	1.980											7.425							\$ 7.425.00
Rasanteo de zanja a mano	8.829	3.210											12.039							\$ 12.038.94
Excavación zanja a máquina h=0.00-2.75m (en tierra)	19.483	17.712	15.941										53.137							\$ 53.136.73
Excavación zanja a máquina h=2.76-3.99m (en tierra)	7.876	7.160	6.444										21.480							\$ 21.479.97
Excavación zanja a máquina h=4.00-6.00m (en tierra)	7.498	6.816	7.157	7.498	1.704								30.672							\$ 30.672.13
Excavación zanja a máquina h=4.00-6.00m (conglomerado)	5.028	4.571	4.799	5.028	1.143								20.567							\$ 20.567.49
Entibado discontinuo (apuntalamiento) zanja - madera	21.544	19.585	20.565	21.544	4.896								88.134							\$ 88.134.34
Desbroce y limpieza	7.574	2.754											10.328							\$ 10.327.50
Relleno compactado (material de excavación)							34.563	95.049					129.612							\$ 129.612.35
Acarreo mecánico hasta 1 km (carga, transporte, volteo)							1.803	4.960					6.763							\$ 6.762.95
Sobreacarreo (transporte/medios mecánicos) (se pagara en m3/km)							2.757	7.583					10.340							\$ 10.340.04
2. Tubería	32.544	50.956	58.683										142.184							\$ 142.183.95
Tubería plástica alcantarillado d.n.i. 400mm (mat.tran.inst)	4.558	1.657	0										6.215							\$ 6.215.33
Tubería plástica alcantarillado d.n.i. 600mm (mat.tran.inst)	27.986	10.177	0										38.163							\$ 38.163.37
Tubería acero recubierta 24" (mat/trans/inst)		4.210	6.315										10.525							\$ 10.524.85
Tubería de acero (incluye material, transporte , instalación) a572-gr60 d=1067 mm e=6mm		34.912	52.368										87.280							\$ 87.280.40
3. Colector			17.435	127.854	133.665	116.231	133.665	127.854	122.042	133.665	122.042	11.623	1.046.077							\$ 1.046.077.25
Hormigón para replantillo, f"=180 kg/cm2			381	2.79257.48	2.91960.09	2.53852.26	2.91960.09	2.79257.48	2.665	2.91960.09	2.665	254	22.845							\$ 22.844.73
Hormigón premezclado f"=280 kg/cm2 incluye bomba y transporte - en sitio			7.839	5	8	0	8	5	54.873	8	54.873	5.226	470.336							\$ 470.335.75
Acero de refuerzo fy=4200kg/cm2 interior colector (suministro, corte y colocado)			7.015	1	9	4	9	1	49.102	9	49.102	4.676	420.878							\$ 420.878.04
Encofrado/dsencofrado metálico recto			2.049	15.02	15.71	13.66	15.71	15.02	14.345	15.71	14.345	1.366	122.957							\$ 122.957.29
Juntas impermeables pvc 18 cm			151	1.108	1.158	1.007	1.158	1.108	1.057	1.158	1.057	101	9.061							\$ 9.061.44
4. Pozos de revisión	2.250	7.292	13.077	24.682	17.933	11.668	9.925	9.493	3.021				99.340							\$ 99.340.09
Pozo revisión h.s. h=1.76-2.25m (tapa cerco h. fundido y peldaños)		2.180	3.814	3.996	908								10.899							\$ 10.898.54
Pozo revisión h.s. h=2.26-2.75m (tapa cerco h. fundido y peldaños)		1.129	1.976	2.070	471								5.646							\$ 5.646.24
Pozo revisión h.s. h=2.76-3.25m (tapa cerco h. fundido y peldaños)		730	1.278	1.339	304								3.652							\$ 3.652.10

Pozo revisión h.s. h=3.26-3.75m (tapa cerco h. fundido y peldaños)	1.208	2.114	2.215	503					6.040	\$ 6.040.02
Pozo revisión h.s. h=4.26-4.75m (tapa cerco h. fundido y peldaños)	2.250	2.045	1.841						6.135	\$ 6.135.30
Pozo revisión h.s. h=3.76-4.25m (tapa cerco h. fundido y peldaños)			236	1.730	1.808	943			4.717	\$ 4.717.20
Pozo revisión h.s. h=4.76-5.25m (tapa cerco h. fundido y peldaños)			607	4.449	4.651	2.427			12.134	\$ 12.134.32
Pozo revisión h.s. h=5.26-5.75m (tapa cerco h. fundido y peldaños)			648	4.752	4.968	2.592			12.960	\$ 12.959.86
Pozo revisión h.s. h=5.76-6.25m (tapa cerco h. fundido y peldaños)			563	4.131	4.319	2.253			11.266	\$ 11.266.20
Pozo revisión h.s. h=6.26-6.75m (tapa cerco h. fundido y peldaños)						1.061	3.052	2.919	929	\$ 7.961.11
Pozo revisión h.s. h=6.76-7.25m (tapa cerco h. fundido y peldaños)						1.126	3.237	3.096	985	\$ 8.444.52
Pozo revisión h.s. h=7.26-7.75m (tapa cerco h. dúctil (grupo c - 40 ton) y peldaños)						438	1.261	1.206	384	\$ 3.288.42
Pozo revisión h.s. h=7.76-8.25m (tapa cerco h. fundido y peldaños)						207	596	571	182	\$ 1.556.06
Pozo revisión h.a. h=8.26-10.75m (tapa y cerco h. dúctil abisagrado (grupo c - 40 ton) y peldaños)						619	1.779	1.701	541	\$ 4.640.20
6. Pozos de salto (1m)			755	5.540	5.792	3.022			15.109	\$ 15.109.07
Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - en sitio			14	105	110	57			286	\$ 286.18
Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 - en sitio			358	2.622	2.742	1.430			7.152	\$ 7.151.76
Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)			238	1.743	1.822	951			4.753	\$ 4.752.81
Encofrado/desencofrado metálico recto			72	528	552	288			1.441	\$ 1.440.96
Estribo de varilla 16mm galvanizado en caliente (pozos alc.) (provisión y montaje)			8	57	59	31			155	\$ 154.77
Tapa y cerco hf850 pozo revisión (provisión y montaje)			47	347	363	189			947	\$ 947.04
Juntas impermeables pvc 18 cm			19	138	144	75			376	\$ 375.55
7. Pozos de salto h (1.5)m						2.245	6.455	6.174	1.964	\$ 16.838.46
Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - en sitio						38	110	105	33	\$ 286.18
Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 - en sitio						1.087	3.124	2.988	951	\$ 8.149.68
Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)						706	2.029	1.941	618	\$ 5.293.90
Encofrado/desencofrado metálico recto						216	620	593	189	\$ 1.617.28
Estribo de varilla 16mm galvanizado en caliente (pozos alc.) (provisión y montaje)						23	65	62	20	\$ 168.84
Tapa y cerco hf850 pozo revisión (provisión y montaje)						126	363	347	110	\$ 947.04
Juntas impermeables pvc 18 cm						50	144	138	44	\$ 375.54
8. Pozos de salto h (1.9)m								2.843	3.249	\$ 6.091.09
Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - en sitio								67	76	\$ 143.09
Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 - en sitio								1.397	1.597	\$ 2.993.76
Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)								872	997	\$ 1.868.73
Encofrado/desencofrado metálico recto								272	311	\$ 583.68
Estribo de varilla 16mm galvanizado en caliente (pozos alc.) (provisión y montaje)								28	33	\$ 60.97

Tapa y cerco hf850 pozo revisión (provisión y montaje)					147	168				316			\$			
Juntas impermeables pvc 18 cm					58	67				125			\$			
9. Pozos de salto h (3)m	15.81	14.37	12.93										\$			
	4	6	9							43.129			\$			
Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - en sitio	210	191	172							572			\$			
Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 - en sitio	7.989	7.263	6.536							21.788			\$			
Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)	4.898	4.453	4.008							13.358			\$			
Encofrado/desencofrado metálico recto	1.572	1.429	1.286							4.286			\$			
Estribo de varilla 16mm galvanizado en caliente (pozos alc.) (provisión y montaje)	175	159	144							478			\$			
Tapa y cerco hf850 pozo revisión (provisión y montaje)	695	631	568							1.894			\$			
Juntas impermeables pvc 18 cm	275	250	225							751			\$			
10. Derivador de caudales 1 pz61 - pz62					3.361	5.521	5.041	480		14.403			\$			
Replanteo y nivelación para estructuras					13	22	20	2		57			\$			
Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - en sitio					89	146	133	13		381			\$			
Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 - en sitio					1.508	2.477	2.262	215		6.462			\$			
Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)					1.210	1.988	1.815	173		5.187			\$			
Encofrado/desencofrado metálico recto					189	310	283	27		809			\$			
Estribo de varilla 16mm galvanizado en caliente (pozos alc.) (provisión y montaje)					48	79	72	7		206			\$			
Tapa y cerco hf850 pozo revisión (provisión y montaje)					147	242	221	21		631			\$			
Juntas impermeables pvc 18 cm					37	61	56	5		159			\$			
Excavación zanja a máquina h=0.00-2.75m (en tierra)					59	96	88	8		251			\$			
Relleno compactado (material de excavación)					60	99	91	9		259			\$			
11. Derivador de caudales 2 pz112- descarga											4.956	7.625	8.387	1.906	22.874	\$
Replanteo y nivelación para estructuras											13	20	22	5	61	\$
Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - en sitio											1.534	2.361	2.597	590	7.082	\$
Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 - en sitio											1.783	2.744	3.018	686	8.231	\$
Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)											1.095	1.684	1.852	421	5.052	\$
Encofrado/desencofrado metálico recto											169	259	285	65	778	\$
Estribo de varilla 16mm galvanizado en caliente (pozos alc.) (provisión y montaje)											55	84	93	21	253	\$
Tapa y cerco hf850 pozo revisión (provisión y montaje)											137	210	232	53	631	\$
Juntas impermeables pvc 18 cm											35	53	58	13	159	\$
Excavación zanja a máquina h=0.00-2.75m (en tierra)											67	104	114	26	311	\$
Relleno compactado (material de excavación)											68	105	116	26	316	\$
12. Descarga del primer separador					1.256	3.768	3.948		8.972	4.127	3.051				7.178	\$

171

Encofrado/desencofrado tablero contrachapado	26	24	21							71	\$
Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 - en sitio	671	610	549							1.830	\$
Hormigón simple replantillo f'c=140kg/cm2	98	89	80							266	\$
Paso de quebrada con tubería de acero incl. Solda, equipo y accesorios (material/trasporte/instalación)	11.056	10.051	9.046							30.154	\$
Placa de neopreno (0.40x1.00x0.01) m (provisión y montaje)	8	7	7							22	\$
Pasamuros acero 20" (mat/trans/inst)	121	110	99							329	\$
15. Paso elevado 2 pz31 a pz32 d=1000mm l=26.30 m		2.330	17.090	17.867	9.322					46.609	\$
Replanteo y nivelación para estructuras		6	45	47	25					124	\$
Excavación a mano cimientos y plintos		22	163	171	89					446	\$
Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)		130	953	997	520					2.600	\$
Encofrado/desencofrado tablero contrachapado		4	26	27	14					71	\$
Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 - en sitio		112	825	862	450					2.249	\$
Hormigón simple replantillo f'c=140kg/cm2		15	111	117	61					304	\$
Paso de quebrada con tubería de acero incl. Solda, equipo y accesorios (material/trasporte/instalación)		2.021	14.819	15.492	8.083					40.414	\$
Placa de neopreno (0.40x1.00x0.01) m (provisión y montaje)		1	8	9	4					22	\$
Pasamuros acero 24" (mat/trans/inst)		19	139	145	76					379	\$
16. Paso elevado 3 pz44 a pz45 d=1000mm l=43.96 m			16.090	46.259	44.248	14.079				120.676	\$
Replanteo y nivelación para estructuras			28	79	76	24				207	\$
Excavación a mano cimientos y plintos			83	238	227	72				620	\$
Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)			433	1.246	1.192	379				3.251	\$
Encofrado/desencofrado tablero contrachapado			9	27	26	8				71	\$
Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 - en sitio			474	1.362	1.303	414				3.553	\$
Hormigón simple replantillo f'c=140kg/cm2			52	150	143	46				391	\$
Paso de quebrada con tubería de acero incl. Solda, equipo y accesorios (material/trasporte/instalación)			14.917	42.886	41.021	13.052				111.876	\$
Placa de neopreno (0.40x1.00x0.01) m (provisión y montaje)			3	9	8	3				22	\$
Pasamuros acero 40" (mat/trans/inst)			92	263	252	80				687	\$
17. Paso elevado 4 pz51 a pz52 d=1000mm l=52.88 m						34.258	56.281	51.387	4.894	146.820	\$
Replanteo y nivelación para estructuras						58	95	87	8	249	\$
Excavación a mano cimientos y plintos						192	316	288	27	824	\$
Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte y colocado)						1.107	1.819	1.661	158	4.746	\$
Encofrado/desencofrado tablero contrachapado						16	27	25	2	71	\$
Hormigón simple f'c=240 kg/cm2 - en sitio						1.203	1.976	1.805	172	5.156	\$
Hormigón simple replantillo f'c=140kg/cm2						114	187	171	16	489	\$

Paso de quebrada con tubería de acero incl. Suelta, equipo y accesorios (material/trasporte/instalación)	31.401	51.588	47.102	4.486	134.577																	\$ 134.576.69
Placa de neopreno (0.40x1.00x0.01) m (provisión y montaje)	5	9	8	1	22																	\$ 22.42
Pasamuros acero 40" (mat/trans/inst)	160	263	240	23	687																	\$ 686.51
18. Túnel		4.595	13.785	14.442	32.822	15.098	13.129	14.442	3.282													\$ 78.774.01
Replanteo y nivelación túnel		13	38	40	91	42	36	40	9													\$ 217.87
Excavación túnel a mano en conglomerado (inc. Desalojo horizontal y/o vertical)		877	2.632	2.757	6.266	2.882	2.506	2.757	627													\$ 15.038.89
Entibado permanente túnel estructura tipo celosía en varillas de acero(no retornable)		58	175	184	418	192	167	184	42													\$ 1.002.65
Tablón para entibado permanente en túnel (incluye acarreo e instalación)		291	873	915	2.079	957	832	915	208													\$ 4.990.48
Señalización en acrílico 3mm interior pozo/colector/túnel(provisión y montaje)		46	138	144	328	151	131	144	33													\$ 786.06
Transporte material interior de túnel (m3/m)		70	209	219	497	229	199	219	50													\$ 1.192.36
Acero refuerzo fy=4200 kg/cm2 túnel (suministro, corte y colocado) incl. Acarreo		1.357	4.071	4.264	9.692	4.458	3.877	4.264	969													\$ 23.260.48
Encofrado/desencofrado bóvedas arcos		293	878	920	2.090	961	836	920	209													\$ 5.015.80
Hormigón simple hastiales, cúpulas (túnel) Fc=250 kg/cm2		1.476	4.427	4.638	10.541	4.849	4.216	4.638	1.054													\$ 25.297.82
Limpieza de solera interior de colector o túnel - preparación de superficie para reparación inc.		115	345	361	822	378	329	361	82													\$ 1.971.60
Desalojo escombros																						
Fin																						
Total general	146.753	148.114	170.655	209.235	183.000	197.701	303.895	187.769	204.567	2.164.668	36.074	42.100	42.954	25.313	11.892	158.333						\$ 2.323.001.08

Fuente: Autores

El presupuesto ha sido calculado en función de precios unitarios referenciales de la EMAPS-Q

Y el cronograma ha sido realizado en el programa Project.

Capítulo VI

Análisis económico y financiero

El fin del proyecto es solucionar problemas de contaminación y generar un bienestar en la parroquia Pintag, por lo cual el análisis económico financiero evalúa cuales son los beneficios del proyecto y cuanto ahorrarán los mismos.

6.1 Viabilidad económica y financiera

6.1.1 Identificación, cuantificación y valoración de los ingresos beneficios y costos de inversión, operación, y mantenimiento.

6.1.1.1 Ingresos.

Los ingresos que tendría el proyecto serían:

El costo del servicio para usuarios domésticos cobrado por la EMAPS-Q es de 0,36USD/m³/hab. No se considera el cobro por conexiones a la red ya que el proyecto no considera ese rubro.

Se calcula a continuación el consumo de agua en metros cúbicos, mensual y anual promedio por usuarios domésticos con una dotación de cálculo de 210 l/hab/día.

Tabla 72 Ingresos del proyecto por pago de servicios

Dotación	210	l/hab/día		
Año	Población	Viviendas	Consumo anual	Ingreso Anual
2019	8470	2118	324613 m3/año	\$ 113.614.46
2020	8671	2168	332316 m3/año	\$ 116.310.63
2021	8877	2219	340211 m3/año	\$ 119.073.86
2022	9087	2272	348259 m3/año	\$ 121.890.75
2023	9302	2326	356499 m3/año	\$ 124.774.70
2024	9522	2381	364931 m3/año	\$ 127.725.73
2025	9748	2437	373592 m3/año	\$ 130.757.24
2026	9979	2495	382445 m3/año	\$ 133.855.81
2027	10215	2554	391490 m3/año	\$ 137.021.46
2028	10457	2614	400765 m3/año	\$ 140.267.58
2029	10705	2676	410269 m3/año	\$ 143.594.19
2030	10959	2740	420004 m3/año	\$ 147.001.29
2031	11219	2805	429968 m3/año	\$ 150.488.86

2032	11485	2871	440163 m3/año	\$ 154.056.92
2033	11757	2939	450587 m3/año	\$ 157.705.46
2034	12036	3009	461280 m3/año	\$ 161.447.90
2035	12321	3080	472202 m3/año	\$ 165.270.81
2036	12613	3153	483393 m3/año	\$ 169.187.63
2037	12912	3228	494852 m3/año	\$ 173.198.34
2038	13218	3305	506580 m3/año	\$ 177.302.95
2039	13531	3383	518576 m3/año	\$ 181.501.45
2040	13852	3463	530878 m3/año	\$ 185.807.27
2041	14180	3545	543449 m3/año	\$ 190.206.98
2042	14516	3629	556326 m3/año	\$ 194.714.00
2043	14860	3715	569510 m3/año	\$ 199.328.33
2044	15212	3803	583000 m3/año	\$ 204.049.97
2045	15573	3893	596835 m3/año	\$ 208.892.33
2046	15942	3986	610977 m3/año	\$ 213.842.00
2047	16320	4080	625464 m3/año	\$ 218.912.40

Fuente: Autores.

6.1.2 Beneficios del proyecto.

Los beneficios que tendrá el proyecto claramente son mejorar la calidad de vida de la población, esto se ve reflejado en los costos en salud, que es un parámetro medible en el tiempo. Sin embargo, los costos en salud son globales, es decir no se sabe con exactitud cuánto se gastaría en salud en la situación sin proyecto.

“Según la encuesta de INEC, es el sexto rubro en el que más gastan los hogares ecuatorianos, con un promedio de USD 50 por casa” (El Comercio Ec., 2018).

Este valor no refleja lo que podría ahorrar el proyecto, sin embargo, si un porcentaje, asumiremos para este fin un 20% del gasto semanal por familia.

Tabla 73 Ingresos del proyecto por ahorro en salud.

Ingresos por salud.				
Año	Población	Viviendas	Ahorro mensual	Ahorro Anual
2019	8470	2118	21180	254160
2020	8671	2168	21680	260160
2021	8877	2219	22190	266280
2022	9087	2272	22720	272640
2023	9302	2326	23260	279120
2024	9522	2381	23810	285720

2025	9748	2437	24370	292440
2026	9979	2495	24950	299400
2027	10215	2554	25540	306480
2028	10457	2614	26140	313680
2029	10705	2676	26760	321120
2030	10959	2740	27400	328800
2031	11219	2805	28050	336600
2032	11485	2871	28710	344520
2033	11757	2939	29390	352680
2034	12036	3009	30090	361080
2035	12321	3080	30800	369600
2036	12613	3153	31530	378360
2037	12912	3228	32280	387360
2038	13218	3305	33050	396600
2039	13531	3383	33830	405960
2040	13852	3463	34630	415560
2041	14180	3545	35450	425400
2042	14516	3629	36290	435480
2043	14860	3715	37150	445800
2044	15212	3803	38030	456360
2045	15573	3893	38930	467160
2046	15942	3986	39860	478320
2047	16320	4080	40800	489600

Fuente: Autores.

6.1.3 Inversión.

La inversión total, tiene que ver con los costos por obra civil, los costos por remediación ambiental y los costos por mantenimiento dentro del periodo de diseño.

Los costos de obra civil, de remediación ambiental y mantenimiento están justificados en sus respectivos capítulos.

6.1.3.1 Presupuesto.

De los resultados de presupuesto se ha obtenido un valor para obra civil de: USD 2.323.001.13. son dos millones trescientos veinte y tres mil un dólares con trece centavos.

6.1.3.2 Costos de remediación ambiental.

De los resultados de presupuesto se tiene un valor de costos de remediación ambiental de: USD 9.040.18 dólares americanos

6.1.3.3 Costos de operación y mantenimiento.

Estos costos están ligados al valor anual que cuesta mantener la obra en condiciones óptimas para su funcionamiento, para ello se prevén recursos humanos y recursos materiales para el primer año de mantenimiento y se los proyecta al periodo de vida útil con el que ha sido diseñado el colector combinado con una tasa de crecimiento de estos costos de 1% según el índice de precios de cámara de la construcción. De igual manera se consideran también los costos por depreciación en el tiempo de la obra civil.

A continuación, se presenta el análisis para el primer año de operación y mantenimiento y los costos proyectados en el tiempo.

Tabla 74 Recursos materiales para O&M

Cuadro detallado de equipo				
DESCRIPCION	U.	Cant anual	P.U.	TOTAL
Overol	u	2	\$ 32.00	\$64.0.00
Guantes	u	6	\$ 7.00	\$42.0.00
Casco	u	1	\$ 8.00	\$8.0.00
Chaleco	u	2	\$ 28.00	\$56.0.00
Botas	u	2	\$ 16.00	\$32.0.00
Mascarillas	u	6	\$ 25.00	\$150.0.00
TOTAL				\$ 352.00

Herramienta				
ITEM	U.	Cant Anual	P.U.	Total
Carretilla	u	1	\$25.0.	\$25.0.
Pala	u	3	\$20.0.	\$60.0.
Escoba	u	6	\$3.0.	\$18.0.
Pico	u	2	\$12.0.	\$24.0.
Herr menor	glb	2	\$23.0.	\$46.0.
TOTAL				\$173.0.

Insumos				
ITEM	U.	Cant Anual	P.U.	Total
Productos de limpieza	glb	12	13	\$156.0.
Cemento	qq	6	5.75	\$34.50.
Aditivos	kg	12	17	\$204.0.
TOTAL				\$394.50.

Fuente: Autores

Tabla 75 Recursos materiales para O&M

Personal			
DESCRIPCIÓN	CANT	Salario/mes	Total, anual
Administrador	0.1	\$ 587.79	\$ 822.91
Técnico	0.4	\$ 587.79	\$ 3.291.62
Obreros	2	\$ 376.07	\$ 10.529.96
TOTAL			\$ 14.644.49

Fuente: Autores.

Se presenta el valor de operación y mantenimiento anual durante el periodo de vida de la obra 30 años.

Tabla 76 Costos de operación y mantenimiento

AÑO	O&M	Depreciación	Total, anual
2018	\$15563.99.	\$81100.9	\$96664.9.
2019	\$15719.63.	\$81100.9	\$96820.6.
2020	\$15876.83.	\$81100.9	\$96977.8.
2021	\$16035.59.	\$81100.9	\$97136.5.
2022	\$16195.95.	\$81100.9	\$97296.9.
2023	\$16357.91.	\$81100.9	\$97458.8.
2024	\$16521.49.	\$81100.9	\$97622.4.
2025	\$16686.7.	\$81100.9	\$97787.6.
2026	\$16853.57.	\$81100.9	\$97954.5.
2027	\$17022.11.	\$81100.9	\$98123..
2028	\$17192.33.	\$81100.9	\$98293.3.
2029	\$17364.25.	\$81100.9	\$98465.2.
2030	\$17537.89.	\$81100.9	\$98638.8.
2031	\$17713.27.	\$81100.9	\$98814.2.
2032	\$17890.41.	\$81100.9	\$98991.3.
2033	\$18069.31.	\$81100.9	\$99170.2.
2034	\$18250..	\$81100.9	\$99350.9.
2035	\$18432.5.	\$81100.9	\$99533.4.
2036	\$18616.83.	\$81100.9	\$99717.8.

2037	\$18803..	\$81100.9	\$99903.9.
2038	\$18991.03.	\$81100.9	\$100092..
2039	\$19180.94.	\$81100.9	\$100281.9.
2040	\$19372.75.	\$81100.9	\$100473.7.
2041	\$19566.47.	\$81100.9	\$100667.4.
2042	\$19762.14.	\$81100.9	\$100863.1.
2043	\$19959.76.	\$81100.9	\$101060.7.
2044	\$20159.36.	\$81100.9	\$101260.3.
2045	\$20360.95.	\$81100.9	\$101461.9.
2046	\$20564.56.	\$81100.9	\$101665.5.
2047	\$20770.2.	\$81100.9	\$101871.1.

Fuente: Autores

6.2 Flujos financieros económicos

El flujo financiero económico de igual manera fue obtenido para el periodo de vida de la obra, 30 años.

Tabla 77 Flujo de caja del proyecto

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
CONCEPTO							
INGRESOS							
Por servicio	\$ 113.614.46	\$ 113.614.46	\$ 116.310.63	\$ 119.073.86	\$ 121.890.75	\$ 124.774.70	\$ 127.725.73
Beneficios	\$ 254.160.00	\$ 254.160.00	\$ 260.160.00	\$ 266.280.00	\$ 272.640.00	\$ 279.120.00	\$ 285.720.00
Total ingresos	\$ 367.774.46	\$ 367.774.46	\$ 376.470.63	\$ 385.353.86	\$ 394.530.75	\$ 403.894.70	\$ 413.445.73
COSTOS							
Inversión	\$ 2.332.041.31	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
O&M	\$ -	\$ 78.284.24	\$ 78.441.44	\$ 78.600.21	\$ 78.760.56	\$ 78.922.52	\$ 79.086.10
total egresos	\$ 2.332.041.31	\$ 78.284.24	\$ 78.441.44	\$ 78.600.21	\$ 78.760.56	\$ 78.922.52	\$ 79.086.10
FNC	-\$ 1.964.266.85	\$ 289.490.22	\$ 298.029.19	\$ 306.753.65	\$ 315.770.19	\$ 324.972.18	\$ 334.359.63
VA = VF/(1+i)^n	-\$ 1.964.266.85	\$ 258.473.41	\$ 237.587.05	\$ 218.341.19	\$ 200.677.66	\$ 184.397.94	\$ 169.396.99

AÑOS	7	8	9	10	11	12	13
	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
CONCEPTO							
INGRESOS							
Por servicio	\$ 130.757.24	\$ 133.855.81	\$ 137.021.46	\$ 140.267.58	\$ 143.594.19	\$ 147.001.29	\$ 150.488.86
Beneficios	\$ 292.440.00	\$ 299.400.00	\$ 306.480.00	\$ 313.680.00	\$ 321.120.00	\$ 328.800.00	\$ 336.600.00
Total ingresos	\$ 423.197.24	\$ 433.255.81	\$ 443.501.46	\$ 453.947.58	\$ 464.714.19	\$ 475.801.29	\$ 487.088.86
COSTOS							
Inversión	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
O&M	\$ 79.251.31	\$ 79.418.18	\$ 79.586.72	\$ 79.756.94	\$ 79.928.86	\$ 80.102.50	\$ 80.277.88
total egresos	\$ 79.251.31	\$ 79.418.18	\$ 79.586.72	\$ 79.756.94	\$ 79.928.86	\$ 80.102.50	\$ 80.277.88
FNC	\$ 343.945.92	\$ 353.837.63	\$ 363.914.74	\$ 374.190.65	\$ 384.785.33	\$ 395.698.78	\$ 406.810.98
$VA = VF/(1+i)^n$	\$ 155.583.67	\$ 142.909.08	\$ 131.231.30	\$ 120.479.37	\$ 110.616.59	\$ 101.566.02	\$ 93.230.58

AÑOS	14	15	16	17	18	19	20
	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
CONCEPTO							
INGRESOS							
Por servicio	\$ 154.056.92	\$ 157.705.46	\$ 161.447.90	\$ 165.270.81	\$ 169.187.63	\$ 173.198.34	\$ 177.302.95
Beneficios	\$ 344.520.00	\$ 352.680.00	\$ 361.080.00	\$ 369.600.00	\$ 378.360.00	\$ 387.360.00	\$ 396.600.00
Total ingresos	\$ 498.576.92	\$ 510.385.46	\$ 522.527.90	\$ 534.870.81	\$ 547.547.63	\$ 560.558.34	\$ 573.902.95
COSTOS							
Inversión	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
O&M	\$ 80.455.02	\$ 80.633.92	\$ 80.814.61	\$ 80.997.11	\$ 81.181.44	\$ 81.367.61	\$ 81.555.64
total egresos	\$ 80.455.02	\$ 80.633.92	\$ 80.814.61	\$ 80.997.11	\$ 81.181.44	\$ 81.367.61	\$ 81.555.64
FNC	\$ 418.121.90	\$ 429.751.54	\$ 441.713.28	\$ 453.873.70	\$ 466.366.19	\$ 479.190.73	\$ 492.347.31
$VA = VF/(1+i)^n$	\$ 85.556.03	\$ 78.514.00	\$ 72.053.00	\$ 66.104.14	\$ 60.646.07	\$ 55.637.29	\$ 51.040.05

AÑOS	21	22	23	24	25	26	27
	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
CONCEPTO							
INGRESOS							
Por servicio	\$ 181.501.45	\$ 185.807.27	\$ 190.206.98	\$ 194.714.00	\$ 199.328.33	\$ 204.049.97	\$ 208.892.33
Beneficios	\$ 405.960.00	\$ 415.560.00	\$ 425.400.00	\$ 435.480.00	\$ 445.800.00	\$ 456.360.00	\$ 467.160.00
Total ingresos	\$ 587.461.45	\$ 601.367.27	\$ 615.606.98	\$ 630.194.00	\$ 645.128.33	\$ 660.409.97	\$ 676.052.33
COSTOS							
Inversión	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
O&M	\$ 81.745.55	\$ 81.937.36	\$ 82.131.08	\$ 82.326.75	\$ 82.524.37	\$ 82.723.97	\$ 82.925.56
total egresos	\$ 81.745.55	\$ 81.937.36	\$ 82.131.08	\$ 82.326.75	\$ 82.524.37	\$ 82.723.97	\$ 82.925.56
FNC	\$ 505.715.90	\$ 519.429.91	\$ 533.475.89	\$ 547.867.25	\$ 562.603.96	\$ 577.686.00	\$ 593.126.77
VA = VF/(1+i)^n	\$ 46.808.87	\$ 42.926.99	\$ 39.364.10	\$ 36.094.65	\$ 33.094.22	\$ 30.340.54	\$ 27.813.84

	2046	2047
CONCEPTO		
INGRESOS		
Por servicio	\$ 213.842.00	\$ 218.912.40
Beneficios	\$ 478.320.00	\$ 489.600.00
Total ingresos	\$ 692.162.00	\$ 708.512.40
COSTOS		
Inversión	\$ -	\$ -
O&M	\$ 83.129.17	\$ 83.334.82
total egresos	\$ 83.129.17	\$ 83.334.82
FNC	\$ 609.032.83	\$ 625.177.58
$VA = VF/(1+i)^n$	\$ 25.499.76	\$ 23.371.19

Fuente: Autores

6.2.1 Indicadores económicos.

Para calcular los indicadores económicos se utilizó una tasa de descuento de 12%, entonces en un periodo de 30 años la rentabilidad económica se verá reflejada en los siguientes indicadores como son el VAN, TIR y el costo/beneficio. A pesar de este ser un proyecto social es importante evaluar estos resultados.

Tabla 78 Indicadores económicos del proyecto

INDICADORES ECONÓMICOS	
VAN	\$ 935.088.73
TIR	5%
B/Ce	0.63

Fuente: Autores.

Al ser el VAN positivo se dice que el proyecto es rentable en el tiempo, teniendo una ganancia en el futuro.

Capítulo VII

Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Se obtuvo un colector combinado de 4141.67 m. lineales para un área beneficiada de 192 hectáreas con 112 pozos, 4 pasos elevados, dos derivadores de caudal con sus respectivas descargas, un túnel, una PTAR, pozos especiales y pozos de salto.
- Se puede concluir que después de realizar el diseño hidráulico del colector combinado se ha obtenido secciones desde diámetros de 600mm en policloruro de vinilo. Hasta secciones de 1.2x1.4m. en hormigón armado.
- Se ha diseñado 4 pasos elevados o pasos de quebrada estructuralmente e hidráulicamente, por métodos LRFD y se ha comprobado en SAP 2000 con secciones de 600 y 1116mm en acero estructural uno de ellos con refuerzos de una placa haciendo una sección compuesta para su correcta funcionabilidad.
- Se ha evaluado la interacción del colector con el suelo donde este será colocado no obteniendo esfuerzos negativos por parte de la respuesta del suelo. Concluyendo así que las secciones calculadas no necesitan adicional cimentación más que su propia dimensión.
- Para la descarga final del colector se ha previsto de un derivador de caudal terminando así el caudal pluvial en la quebrada Calihuaycu mediante una obra de descarga tipo rápida escalonada y el caudal sanitario a una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Se ha modelado en SAP 2000 como elemento finito pozos especiales para su diseño estructural.
- Se puede concluir que se plantea y se diseña una PTAR desde la necesidad de tratar el caudal de aguas residuales del sistema.
-

- Se ha diseñado un túnel tanto su sostenimiento temporal como su revestimiento con dimensiones de 2.2 metros de solera y 2.2 metros de altura incluido hastiales y bóveda. El sostenimiento temporal se lo ha diseñado con cerchas de acero y el revestimiento de hormigón armado.
- El programa de mitigación ambiental propuesto remedia todos los posibles impactos durante el periodo de construcción del colector teniendo un costo de USD 9.040.18 dólares americanos.
- Tras realizar el presupuesto referencial de la obra civil podemos concluir que esta tiene un valor final de USD 2.433.028.08 dólares americanos sin incluir IVA.
- Los indicadores económicos nos permiten concluir que el proyecto es rentable en el tiempo con un TIR de 4% y una relación beneficio/costo de 0.6.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda tener en cuenta las velocidades máximas y mínimas a la salida de las obras de descarga.
- Se recomienda tener información básica en más puntos de interés del sistema
- Es recomendable realizar un estudio de parámetros del agua residual como el DBO, DQO, sólidos flotantes, coliformes totales, etc. En el tiempo de esta manera plantear un sistema de tratamiento más óptimo.
- El sistema de tratamiento de aguas residuales es un planteamiento teórico, entonces para que este sistema sea aplicable debe tener un estudio de factibilidad ambiental.
- Se recomienda realizar socializaciones con la comunidad a fin de obtener indicadores económicos de primera instancia que permita que el análisis financiero sea más acertado.

- Se recomienda cumplir con la normativa ambiental tanto para el diseño como para su ejecución.
- Se recomienda tener en cuenta el tipo de suelo donde se implantarán las estructuras.
- Se recomienda realizar un estudio de hidrogeología en el tramo del túnel para que de tal manera si las condiciones hidrogeológicas cambian estas no afecten a la estructura ni sostenimiento del túnel.

7.3 Bibliografía

7.3.1 Bibliografía.

- Das, B. M. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Earth, G. (17 de Octubre de 2017). *Google Earth*. Obtenido de www.google.com/earth/
- EMAAP-Q. (2009). *Normas de diseño para sistemas de alcantarillado*. Quito.
- Gonzales de Vallejo, L. L. (2012). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Educación.
- Jaume Trapote, A. (2013). *Infraestructuras Hidraulico-Sanitarias II*. Alicante: Universidad de Alicante.
- JIMENEZ SALAS , J. A. (2005). *Geotecnia y cimientos III segunda parte*. Madrid: Rueda.
- Martínez Marín, E., Batanero Akerman, P., Martínez Gonzales, I., Martínez Olmos, E., & Gonzales Ordonez, E. (2007). *Diseño de pequeñas presas*. Madrid: Bellizco.
- Metcalf, & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales*.
- NEC. (2015). NEC. En M. d. Vivienda, *CÓDIGO NEC-SE-CM GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES* (pág. 31). Quito.
- PDyOT. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial*. Quito: GAD parroquial Pintag.
- Romero Rojas, J. A. (2008). *Tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- Ruiz, R. M. (2013). *La evaluación Ambiental en la ingeniería civil*. Madrid: Mundi-Prensa.